corso di RADIOTECNICA

pubblicazione settimanale - 16 - 23 settembre 1961 - un fascicolo lire 150 48° numero

corso di
RADIOTECNICA

settimanale a carattere culturale

Direzione, Amministrazione, Pubblicità:
Via dei Pellegrini 8/4 - Telef. 593.478
MILANO

Ogni fascicolo — contenente 3 lezioni — costa lire 150, acquistato alle edicole.

Se l'edicola risulta sprovvista, o si teme di rimanere privi di qualche numero, si chieda invio settimanale direttamente al proprio domicilio a mezzo abbonamento.

Il versamento per ricevere i 52 fascicoli costituenti l'intero Corso è di lire 6500 + I.G.E. = lire 6630. A mezzo vaglia postale, assegno bancario, o versamento sul conto corr. postale 3/41.203 del « Corso di RADIOTECNICA » - Via dei Pellegrini 8-4 - Milano. In ogni caso, scrivere in modo molto chiaro e completo il proprio indirizzo.

L'abbonamento può essere effettuato in qualsiasi momento; si intende comprensivo delle lezioni pubblicate e dà diritto a ricevere tali lezioni, che saranno inviate con unica spedizione.

Estero: abbonamento al Corso, Lit. 8.500. ($ 15). Numeri singoli Lit. 300 ($ 0,50).

Per i cambi di indirizzo durante lo svolgimento del Corso, unire lire 100, citando sempre il vecchio indirizzo.

Fascicoli singoli arretrati — se disponibili — possono essere ordinati a lire 300 cadauno.

Non si spedisce contrassegno.

Distribuzione alle edicole di tutta Italia: Diffus. Milanese - Via Soperga, 57 - Milano.

Direttore responsabile: Giulio Borgogno.

Autorizzaz. N. 5357 - Tribunale di Milano.

Stampa: Intergrafica S.r.l. - Cologno Monzese.

La Direzione non rivende materiale radio; essa può comunicare, se richiesta, indirizzi di Fabbricanti, Importatori, Grossisti ecc. in grado di fornire il necessario ed ai quali il lettore può rivolgersi direttamente.

Alla corrispondenza con richiesta di informazioni ecc. si prega allegare sempre il **francobollo per la risposta.**

Parte del testo e delle illustrazioni è dovuta alla collaborazione del Bureau of Naval Personnel, nonchè al Dept. of the Army and the Air Force - U.S.A.

A chi può essere utile questo Corso? Anzitutto — stante la sua impostazione — il Corso, basato sull'esposizione in forma a tutti accessibile, della radiotecnica, dai suoi elementi basilari alla evoluzione più recente, rappresenta la forma ideale per tutti coloro che intendono dedicarsi all'elettronica, sia come forma ricreativa sia — soprattutto — per l'acquisizione di una professione specializzata che possa procurare loro una posizione di privilegio in seno alla società odierna.

Anno per anno, la nostra civiltà si indirizza sempre più verso questa meravigliosa, si potrebbe dire fascinosa, elettronica, che nel modo più evidente consente sviluppi impensati, progressi grandiosi e una rapida evoluzione di tutti gli altri rami dello scibile che essa tocca e influenza.

L'industria, tutta l'industria, nel senso più ampio, da quella elettrotecnica a quella meccanica, alla metallurgica, alla chimica, ecc., con i suoi laboratori di ricerca e le sue fabbriche richiede, e richiederà sempre più, con un ritmo rapidamente crescente, tecnici specializzati con conoscenza dell'elettronica, tecnici specificatamente elettronici e persino operai e impiegati di ogni ordine e categoria con cognizioni di elettronica.

Si può dire che anche le branche commerciali, quelle dei trasporti e persino quelle amministrative con le recenti introduzioni delle calcolatrici, abbisognano di personale che conosca i principi dell'elettronica, le macchine relative, il loro pieno sfruttamento, la eventuale riparazione ecc. e, quanto più in modo completo, quanto meglio.

Nasce, da una tale situazione, una logica conseguenza: per la scelta di una professione o di un mestiere, per un miglioramento della propria posizione sociale, per l'intrapresa di una libera attività o anche per la sola acquisizione di cognizioni che indubbiamente verranno oltremodo utili, è quanto mai opportuno riflettere se non sia conveniente dedicare un po' di tempo allo studio di questa scienza che ha tra l'altro il pregio di rendersi immediatamente attraente, concreta, accessibile e foriera di moltissime soddisfazioni.

A questo scopo appunto, e con questi intenti, è stato redatto questo Corso.

Non mancano invero altri corsi (specie per corrispondenza) o scuole di radiotecnica, nè mancano (sebbene siano in numero del tutto inadeguato) scuole statali o pareggiate ma la struttura e l'impostazione che caratterizzano queste 156 lezioni sono alquanto particolari, presentando non pochi vantaggi sulle diverse altre forme di cui si è detto.

Anzitutto vogliamo porre in evidenza **il fattore economico.**

Frequentare regolarmente, durante tutto l'anno, una scuola è certo il modo più logico — anche se non il più rapido — per apprendere ma, tralasciando il fatto che rarissimi sono gli Istituti di radiotecnica, è a tutti possibile dedicarsi esclusivamente, e per l'intero anno, allo studio? Noi riteniamo che chi può farlo costituisca oggi assai più l'eccezione che la regola. Ciò significa infatti poter disporre liberamente del proprio tempo senza avere la necessità di un contemporaneo guadagno: il nostro Corso permette a chiunque di studiare a casa propria, nelle ore libere dal lavoro, senza abbandonare o trascurare quest'ultimo. Ciò caratterizza invero anche altri corsi, ma il vantaggio economico diviene notevole ed evidentissimo se si considera che di fronte all'esborso, anche se rateale, di quasi 80.000 lire che i corsi per corrispondenza richiedono, seguendo il nostro Corso la spesa in un anno risulta di poco più di 7500 lire (150 lire alla settimana presso un'edicola) o di 6630 lire totali, con recapito postale, settimanale, delle lezioni a domicilio.

E' superfluo dire che la Modulazione di Frequenza, i transistori, i circuiti stampati, la trasmissione, il telecomando ecc. sono argomenti integrali del Corso e non costituiscono motivo di corsi speciali, aggiunti o particolari.

Le lezioni di questo Corso — a differenza di molte altre — non sono stampate con sistemi di dispensa, a ciclostile, o con sistemi più o meno analoghi, derivanti cioè da un originale battuto a macchina da scrivere; esse sono stampate in uno stabilimento grafico, con chiari caratteri tipografici da cui deriva una assai più agevole lettura e — fattore certamente di non secondaria importanza — un contenuto molto più ampio, corrispondendo una pagina a stampa a tre o quattro pagine di quelle citate. Il lettore avrà, alla fine del Corso, un volume di ben 1248 pagine di grande formato!

Chiunque, indipendentemente dall'età, dalla professione e dalle scuole compiute **può seguire il Corso.** Alle esposizioni teoriche si abbinano numerose, attraenti, istruttive ed utili descrizioni che consentono la realizzazione di ricevitori, amplificatori, strumenti vari e persino di trasmittenti su onde corte.

A questo proposito è sintomatico il fatto che la Direzione non vuole assolutamente assumere la fisionomia di un fornitore o commerciante di materiale radio, rivendendo agli allievi le parti necessarie. Il materiale occorrente l'interessato può acquistarlo dove e come meglio crede e, assai spesso anzi, già ne dispone. Viene così evitato l'acquisto forzoso, caratteristico più o meno di tutti gli altri corsi.

Anche chi è già radiotecnico, anche chi ha seguito o segue altri corsi troverà il massimo tornaconto in questo completo ed aggiornato lavoro. Molte nozioni, è logico, saranno note, altre un po' meno e sarà utile rinfrescarle, e il tutto infine costituirà un manuale di consultazione, prezioso tanto per la teoria esposta quanto per i numerosi schemi, per le tabelle, per i grafici, gli elenchi, i dati, il vocabolario dei termini ecc.

Concludendo, si può affermare che questo **Corso di Radiotecnica** oltre che come insegnamento graduale si presenta come **enciclopedia e rivista assieme** ciò che permette di formare — con modestissima spesa — **il più completo, ricco, utile e pratico volume di radiotecnica di cui sia dato oggigiorno disporre.**

ONDE CORTISSIME (V.H.F.) e ULTRACORTE (U.H.F.)

Fino ad ora ci siamo occupati della trasmissione e della ricezione di onde radio di frequenza inferiore ai 30 MHz: questo è il limite superiore della gamma delle Onde Corte. Dedicheremo ora una serie di lezioni allo studio del comportamento, della trasmissione e della ricezione delle radioonde di frequenza superiore ai 30 MHz. Come vedremo, a queste frequenze non si possono più utilizzare i medesimi circuiti che ci son noti, ma si deve ricorrere a nuove tecniche. Anche le modalità di propagazione sono nettamente differenti, e si avvicinano, con l'aumentare della frequenza, a quelle delle onde ottiche.

Le frequenze al di sopra dei 30 MHz si possono suddividere in tre gamme fondamentali:

1) Onde Cortissime, denominate anche **« V.H.F. »**, dallo inglese « very high frequencies », che significa *frequenze molto alte*. Questa gamma si estende dai 30 MHz ai 300 MHz, ossia, rispetto alla lunghezza d'onda, scende dai 10 metri ad 1 metro. Per questa ragione tali onde vengono spesso indicate come « onde metriche ».

2) Onde Ultracorte, denominate anche **« U.H.F. »**, dallo inglese « ultra high frequencies », che significa *frequenze ultra alte*. La gamma delle onde ultracorte si estende dai 300 MHz ai 3.000 MHz, ossia da 1 metro a 10 centimetri. Per questa ragione esse prendono il nome, a volte, di « onde decimetriche ».

3) Microonde; dette **« S.H.F. »** dall'inglese « super high frequencies » (*frequenze super alte*). Quest'ultima gamma si estende dai 3.000 MHz ai 30.000 MHz, ossia va dai 10 centimetri ad 1 centimetro (« onde centimetriche »).

Attualmente sono allo stato di studio tecniche di trasmissione e di ricezione basate sull'impiego di frequenze ancora più alte.

In questa lezione ci occuperemo delle onde cortissime e delle onde ultracorte, con particolare riguardo al loro comportamento ed alla loro propagazione. Prenderemo altresì in considerazione i principi fondamentali inerenti la tecnica di trasmissione e di ricezione a queste frequenze. Delle microonde diremo in altra lezione.

Occorre tenere conto del fatto, anzitutto, che le due gamme che ora considereremo si estendono entro una zona di frequenze molto vasta, ossia da 30 MHz a 3.000 MHz; si verificano perciò diversità di comportamento e di tecnica circuitale tra una zona che potremmo definire come prima (al di sotto dei 75 MHz), una zona da considerarsi centrale (da 75 a 1.000 MHz), ed un'ultima zona (oltre i 1.000 MHz).

Le suddivisioni di cui sopra, così come sono state da noi riportate, hanno un valore puramente formale, poichè il passaggio da un tipo di comportamento ad un altro avviene, in realtà, in modo graduale, e vi sono zone di transizione molto estese.

Possiamo comunque dire che, per sommi capi, la prima parte, specialmente nel suo estremo a frequenza più bassa, si comporta in modo simile a quello delle onde corte; la parte centrale, nel suo comportamento segue le norme che formano oggetto di questa lezione; l'ultima parte, si avvicina alla gamma delle microonde, specialmente per ciò che riguarda la tecnica dei circuiti.

CENNO STORICO

Come si è visto già nelle lezioni dedicate alla trasmissione dilettantistica in modo particolare, uno dei principali problemi che si incontrano anche nelle trasmissioni in Onde Corte oltre che in onde Medie, è dovuto alle interferenze conseguenti alla relativa ristrettezza della gamma (da 3 MHz a 30 MHz, ossia 27 MHz, complessivi). Già nei primi decenni del nostro secolo, il rapido espandersi delle comunicazioni via radio creò problemi, per ciò che riguarda l'assegnazione delle frequenze allora disponibili, ai diversi paesi ed ai diversi servizi di radiotrasmissione.

Furono indette molte conferenze, a livello mondiale, a partire dal 1903, appunto per risolvere questo problema; tuttavia, il risultato consistè solo nel mettere un po' di ordine, in modo da evitare il più possibile il verificarsi di interferenze. Non si risolse la questione fondamentale, riguardante l'impossibiltà di far fronte, con le gamme di frequenze allora a disposizione, a tutte le richieste di canali di trasmissione liberi, da adibirsi a nuovi impieghi. Ci si orientò sempre più verso le frequenze più alte.

Negli anni sucessivi al 1930, si raggiunse una congestione tale, anche nelle Onde Corte, da rendere assolutamente indispensabile un ampliamento delle gamme di frequenze disponibili per le radiotrasmissioni. Iniziò allora una serie di esperimenti e di tentativi volti a rendere possibili collegamenti via radio a frequenze superiori ai 30 MHz. In effetti, si erano fatti tentativi del genere anche in precedenza, specialmente da parte dei pionieri delle radiocomunicazioni e dei dilettanti, sempre alla ricerca di nuove possibilità. Tuttavia, gli esperimenti, anche se coronati da successo, rimasero al livello di curiosità scientifica, poichè mancavano com-

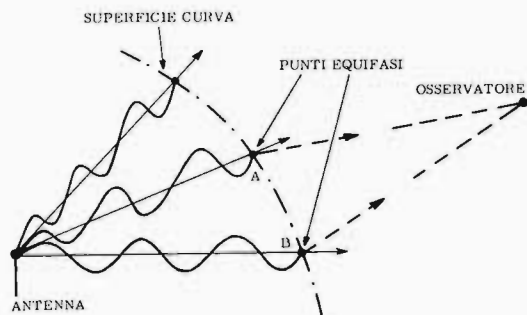



Fig. 1 - Se i punti di un fronte d'onda aventi la medesima fase potessero essere visti da un osservatore, da una distanza notevole, due punti (A e B) giacenti sulla superficie curva da essi individuata, sembrerebbero giacere su di una superficie piana.

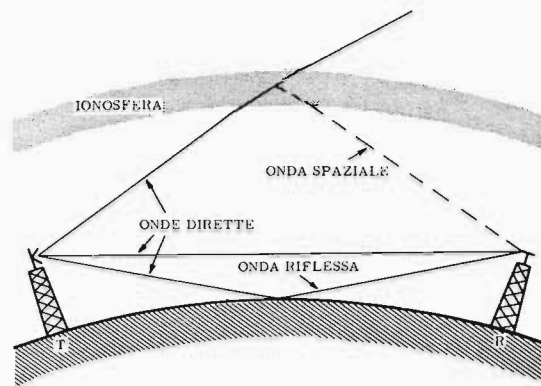



Fig. 2 - Rappresentazione dell'onda spaziale (in parte riflessa), e delle onde dirette (anch'esse in parte riflesse).

pletamente i fondamenti tecnici ed il materiale necessario alla possibilità di impieghi pratici effettivi delle frequenze V.H.F.

Ci riferiamo, in modo particolare, al fatto che le trasmissioni a frequenze superiori ai 30 MHz richiedono, per poter essere effettuate con successo, l'impiego di circuiti e di componenti di tipo speciale, non essendo più adeguata la tecnica valida nel campo delle Onde Medie e delle Onde Corte.

Negli anni dal 1930 al 1936, i laboratori delle industrie cominciarono ad interessarsi attivamente al problema della produzione di componenti elettronici adatti per frequenze elevate, e nello stesso periodo i dilettanti effettuarono studi sulla propagazione e sulle possibilità di impiego delle onde cortissime. Il passo decisivo fu effettuato in seguito all'intensificarsi delle ricerche militari, negli anni immediatamente precedenti la seconda guerra mondiale.

Al termine della guerra, le gamme VHF ed UHF divennero di uso comune, dapprima nel campo delle telecomunicazioni (ponti radio e simili) e poi anche per i servizi di radiodiffusione e televisione. Nel campo delle trasmissioni radio, la gamma VHF fu riservata alle trasmissioni a Modulazione di Frequenza, poichè esse iniziarono appunto nel periodo in cui le comunicazioni mediante onde cortissime entravano nel pieno del loro sviluppo. Attualmente, i servizi di televisione, come vedremo nell'apposito « Corso », vanno estendendosi anche a parte della gamma UHF (banda IV e banda V).

PROPAGAZIONE

Per poter usare con profitto gli apparecchi di telecomunicazione funzionanti nella gamma di frequenze compresa tra 30 e 1.000 MHz, è necessario anzitutto comprendere i fenomeni naturali che influenzano la propagazione delle radioonde aventi appunto tali frequenze. Gli effetti esercitati dall'atmosfera e dalla superficie della terra sulle frequenze che superano i 30 MHz variano col variare delle condizioni climatiche, della natura del suolo, della posizione geografica, della frequenza stessa, e di altri fattori che di volta in volta considereremo. Come sappiamo, in un'onda radio, il campo elettrico e quello magnetico formano tra loro un angolo di 90° esatti, ed entrambi sono — a loro volta — a 90° rispetto alla direzione di moto dell'onda. Supponendo che un osservatore possa, in un dato istante, « vedere » tutti i punti di un treno d'onde, emesse da un'antenna, aventi la medesima fase, egli individuerebbe una superficie curva, con raggio facente capo all'antenna stessa, (vedi **figura 1**). Ciò premesso, aggiungiamo che, se l'antenna è situata a notevole distanza dal punto di osservazione, e se la parte di superficie individuata dai punti di fase eguale è piccola in rapporto alla distanza citata, la curvatura della superficie stessa può essere trascurata agli effetti pratici. In altre parole, si può affermare che una piccola parte della superficie individuata può essere convenzionalmente considerata una superficie piana.

Agli effetti della polarizzazione, abbiamo visto a suo tempo che un'onda viene considerata come polarizzata secondo il piano individuato dalle linee di forza *del campo elettrico*. La scelta tra l'impiego della polarizzazione verticale o di quella orizzontale è in relazione a diversi fattori, quali — ad esempio — l'estenzione e la direzione dell'area nella quale si desidera vengano ricevute le onde trasmesse. Nel caso in cui — poniamo — si desideri irradiare delle onde radio in tutte le direzioni orizzontali, a partire dal punto in cui si trova l'antenna trasmittente, è opportuno adottare un comune dipolo a mezza onda, montato in modo che il suo asse sia verticale. Un'antenna simile, polarizzata verticalmente, irradia altrettanto bene in tutte le direzioni orizzontali; essa — inoltre — irradia anche verso l'alto, con intensità sufficiente per permettere di comunicare, ad esempio, con aerei in volo, ad eccezione di una piccola zona, che si trova perpendicolarmente al di sopra dell'antenna.

Nelle attuali radiocomunicazioni, il piano di polarizzazione dell'onda radio ricevuta in un punto qualsiasi può differire leggermente da quello dell'antenna trasmittente. Se ciò accade, il fatto è dovuto agli effetti di riflessione da parte della terra e delle conformazioni come gli specchi d'acqua, gli edifici di grosse dimensioni, ecc. E' altresì possibile irradiare onde radio polarizzate in modo ellittico, adottando tipi particolari di antenne. In questo modo, il piano di polarizzazione ruota mano a mano che l'onda stessa avanza nello spazio. Precisiamo però che — attualmente — questo sistema di polarizzazione viene impiegato esclusivamente a scopo sperimentale; non ne esistono infatti, fino ad ora, applicazioni stabili in funzione.

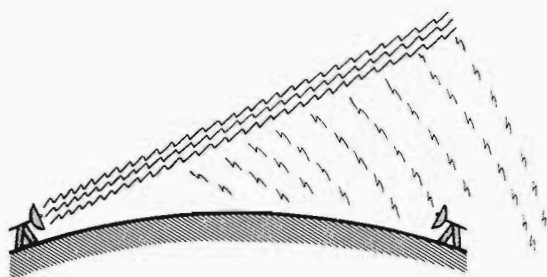



Fig. 3 - Propagazione oltre l'orizzonte con frequenze elevate e onde a fascio, tramite antenne paraboliche sia per trasmissione che per ricezione, fondate sull'effetto «scatter», ossia sulla diffrazione e dispersione.

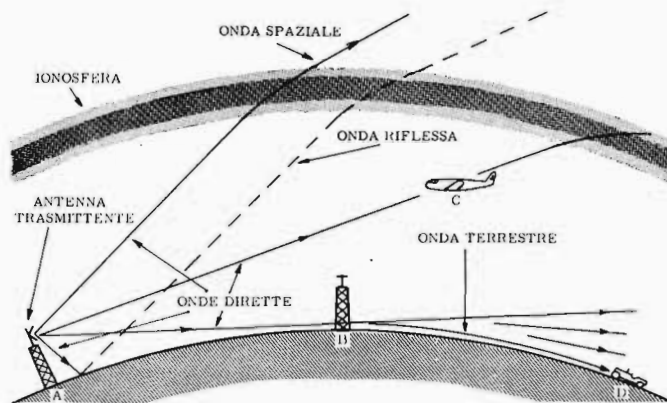



Fig. 4 - L'areoplano C e l'antenna B ricevono un buon segnale per onde dirette, mentre l'automobile D riceve solo segnali debolissimi.

PROPAGAZIONE delle ONDE DIRETTE, SPAZIALI e TERRESTRI

Agli effetti della propagazione delle onde di frequenza compresa tra 30 e 1.000 MHz, si può considerare sia la propagazione diretta che la propagazione indiretta.

Come sappiamo, si definisce onda diretta quella parte dell'energia irradiata che, dalla antenna trasmittente, giunge direttamente all'antenna ricevente, senza subire riflessioni dall'alto da parte della ionosfera, o dal basso da parte della superficie terrestre o di oggetti appoggiati o sospesi su quest'ultima. La propagazione delle onde terrestri, che hanno tanta importanza agli effetti della lunga distanza che può essere coperta da onde radio aventi frequenze inferiori, diventa, in linea di massima meno efficace con l'aumentare della frequenza oltre 30 MHz.

La **figura 2** illustra come un'onda irradiata si divida in onda spaziale (rivolta verso il cielo), onda riflessa, e onda diretta. Si considera onda spaziale quella parte dell'onda irradiata che raggiunge l'antenna ricevente dopo aver subìto una deviazione verso il basso rispetto alla sua direzione originale. Questo tipo di onda diventa estremamente debole con l'aumentare della frequenza, come indicato dalla linea tratteggiata nella figura. A partire da 30 MHz in su, la maggior parte dell'energia irradiata passa attraverso la ionosfera subendo soltanto una lieve deflessione verso il basso, ad eccezione di rari casi in cui le condizioni della ionosfera sono anormali.

Tuttavia dobbiamo citare che nel 1950 ebbero inizio esperimenti, ora pervenuti a risultati pratici, atti a rendere utilizzabili i fenomeni stabili di propagazione oltre l'orizzonte radio. Tali fenomeni possono essere sfruttati con opportuni artifici al fine di raggiungere portate dell'ordine di centinaia di chilometri, oltre la linea dell'orizzonte. Si tratta della propagazione per diffrazione e per un effetto che viene detto « scatter » che può essere definito effetto di dispersione.

Con le onde radio di queste frequenze si manifesta ciò che può essere riscontrato con la luce: è possibile avvertire la luce anche quando la sorgente luminosa non è in vista diretta (caso, ad esempio, del tramonto del sole). La **figura 3** mostra come per effetto dell'atmosfera si abbia la necessaria diffusione.

Occorrono potenze notevoli, antenne ad elevatissimo guadagno e onde irradiate a fascio.

La propagazione delle onde terrestri, a rigore, è riferita alla sola irradiazione di quella parte di energia che si sposta lungo la superficie della terra, in corrispondenza e nell'immediata vicinanza della linea che separa questa dall'aria che si trova su di essa.

Con frequenze inferiori a 30 MHz, le onde terrestri (dette a volte onde di superficie), raggiungono intensità tali da consentire comunicazioni a distanze notevolmente superiori a quella dell'orizzonte ottico. Con frequenze maggiori — invece — esse subiscono un'attenuazione considerevole, in conseguenza della quale la vera e propria onda terrestre diminuisce di intensità così rapidamente oltre l'orizzonte, che diventa inutile agli effetti pratici.

Nei confronti della ricezione, l'energia elettromagnetica captata da un'antenna ricevente, situata in un punto relativamente vicino al trasmettitore e al di sopra della superficie terrestre, è in realtà la risultante delle onde dirette e delle onde riflesse che possono raggiungere quel punto. Naturalmente, l'onda riflessa è — quasi sempre — la più debole delle due, a causa dell'assorbimento e dell'inevitabile dispersione che si verificano nel punto in cui avviene il fenomeno di riflessione. Ne consegue che l'energia effettiva prodotta dal segnale nell'antenna ricevente può essere sia più forte che più debole di quella prodotta dalla sola onda diretta; ciò in quanto detta energia è in stretto rapporto con le relazioni di fase che sussistono tra i due segnali (diretto e riflesso) che raggiungono contemporaneamente l'antenna. Essi possono infatti essere in fase, nel qual caso le rispettive ampiezze si sommano, o sfasati, nel qual caso si sottraggono.

L'onda riflessa, abbiamo detto, è normalmente la più debole: le due onde perciò difficilmente si elidono a vicenda, anche se si trovano in completa opposizione di fase in corrispondenza dell'antenna ricevente. A causa della relativa mancanza di efficacia dovuta alla scarsa propagazione delle onde spaziali e di quelle terrestri, nel campo delle V.H.F. e delle U.H.F., gli unici punti normalmente compresi entro la portata delle comunicazioni che ci interessano maggiormente sono quelli che si trovano direttamente sulla superficie terrestre o leggermente al di sopra di essa, e che possono essere raggiunti dall'onda diretta.

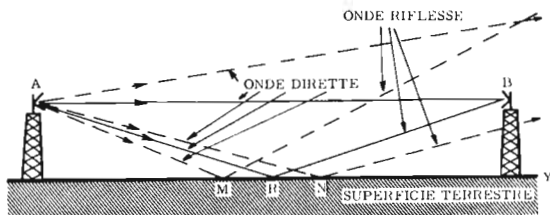



Fig. 5 - Rappresentazione dei diversi tipi di onde che si propagano tra due antenne installate ad una certa distanza su di una superficie relativamente piana. Le onde spaziali si perdono verso l'alto, e l'antenna ricevente (B) riceve sia le onde dirette che parte delle stesse riflesse dalla terra, ma solo quelle che colpiscono il punto R. Le onde riflesse in M e in N non vengono ricevute.

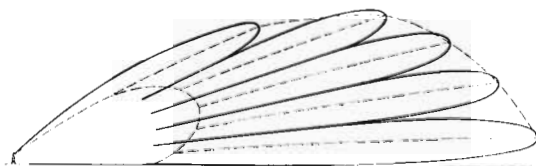



Fig. 6 - Rappresentazione verticale di un diagramma di irradiazione a lobi. Al di fuori di detti lobi non si ha alcuna ricezione. Le linee tratteggiate attraversano i punti in cui si ha la massima e le minima intensità di campo.

La **figura 4** illustra l'effetto generale sulle telecomunicazioni. L'aeroplano presente nel punto *C*, e l'antenna installata sulla torre (nel punto *B*) ricevono entrambi un segnale soddisfacente; per contro, l'automobile presente in *D* riceve soltanto un debole segnale, proveniente dall'onda terrestre. In *A* si trova l'antenna trasmittente.

Dal momento che tutte le onde elettromagnetiche si muovono in direzione rettilinea nello spazio libero, si potrebbe pensare — a tutta prima — che le comunicazioni oltre la portata ottica entro la quale l'antenna ricevente può essere « vista » dall'antenna trasmittente (al di fuori del caso «scatter») siano inattuabili. La pratica ha invece dimostrato che ciò non è vero. La portata effettiva oltre il vero e proprio orizzonte ottico è piuttosto limitata nelle gamme delle V.H.F. e delle U.H.F. ma esiste. Per questo motivo, le onde radio di frequenza superiore a 30 MHz vengono spesso definite « onde semiottiche », per mettere in rilievo il fatto che esse si comportano in modo analogo alle onde di luce. Poichè, in realtà, le onde radio appartenenti a queste gamme di frequenze si comportano effettivamente come la luce, le loro caratteristiche di propagazione vengono spesso definite con l'espressione « trasmissione e ricezione a portata ottica ».

In effetti, l'orizzonte nei confronti della propagazione delle radioonde — in condizioni normali della parte inferiore dell'atmosmera (ossia della troposfera) — si trova leggermente oltre l'orizzonte ottico. Se immaginiamo che la terra abbia un raggio pari a 1,33 volte quello effettivo, una ipotetica linea retta, tesa dall'antenna trasmittente fino ad un punto dell'orizzonte visibile rispetto al raggio maggiore, indicherà la linea effettiva dell'orizzonte radio. La differenza tra il comportamento della luce, e quello delle onde radio appartenenti alle gamme di frequenze considerate, è dovuta quasi esclusivamente alla diversità della lunghezza d'onda.

Portata utile delle comunicazioni — Ponendo sia la antenna del trasmettitore che quella del ricevitore ad un'altezza ragionevole, con una potenza di trasmissione compresa tra 50 e 100 watt, è possibile effettuare buone comunicazioni in modulazione di ampiezza fino alla distanza di 150 chilometri. Questa valutazione approssimativa della distanza è riferita alla conformazione geografica media, in condizioni troposferiche normali; essa — tuttavia — può subire notevoli modifiche ad opera di diversi fattori.

Aumentando ulteriormente l'altezza dell'antenna, ad una od entrambe le estremità del collegamento radio, oppure aumentando la potenza di trasmissione, è logico che la portata può essere — a sua volta — ulteriormente aumentata.

Poichè la conformazione geografica del suolo varia alquanto da una località all'altra, ed inoltre esistono diversi tipi di apparecchi riceventi e trasmittenti, con diversi gradi — rispettivamente — di sensibilità e di potenza, non è possibile — in questa sede — enumerare tutte la condizioni che possono verificarsi a seconda dei casi. Ci limiteremo a considerare i diversi fattori che hanno sulla propagazione — e quindi sull'estensione della portata — effetti determinanti.

I FENOMENI di RIFLESSIONE

In linea di massima, il fenomeno di riflessione nelle gamme delle V.H.F. e delle U.H.F. si verifica in modo analogo a quanto accade nelle gamme di frequenze inferiori. Allorchè le onde elettromagnetiche — di qualsiasi frequenza esse siano — incontrano un ostacolo caratterizzato da una diversa conduttività o da una diversa costante dielettrica nei confronti delle caratteristiche del mezzo attraverso il quale si propagano, una parte della loro energia viene riflessa. Come sappiamo (per quanto detto a proposito alla lezione 124[a]), il grado di riflessione dipende dalla conduttività e dalla costante dielettrica del mezzo incontrato, nonchè dalle sue dimensioni fisiche, in rapporto alla lunghezza d'onda. Maggiore è la conduttività dell'oggetto riflettente, o maggiore è la sua costante dielettrica, maggiore è la riflessione delle onde radio aventi una data frequenza.

A ciò occorre aggiungere che gli ostacoli di grandi dimensioni, costituiti da un determinato materiale, riflettono le radioonde meglio che non quelli di dimensioni ridotte. Ad esempio, gli oggetti le cui dimensioni ammontano alla metà della lunghezza d'onda o ad un multiplo esatto di tale grandezza, presenti nel piano di polarizzazione delle onde radio, riflettono maggiormente che non quelli di dimensioni diverse. Gli ostacoli le cui dimensioni sono inferiori ad un quinto della lunghezza d'onda si comportano invece in modo da disperdere le

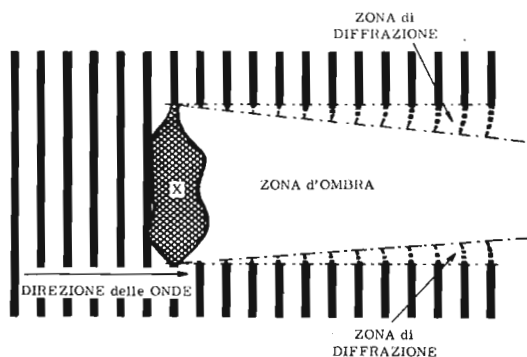



Fig. 7-A - Rappresentazione del fenomeno di diffrazione da parte di un ostacolo. Come si nota, oltre l'ostacolo le onde tendono a convergere in un dato punto.

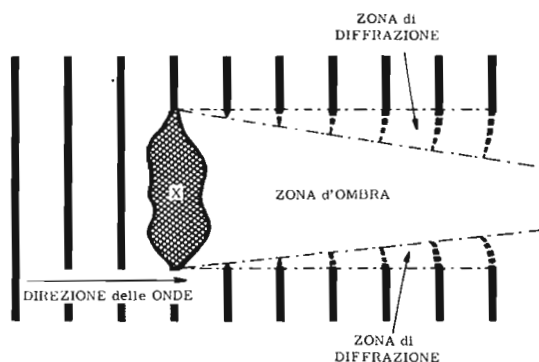



Fig. 7-B - Con una frequenza minore (lunghezza d'onda maggiore), il fenomeno di diffrazione diventa più pronunciato, e la zona d'ombra si restringe.

radiazioni in un ampio angolo, piuttosto che rifletterle in una data direzione. Precisiamo a tale proposito che per « dimensioni » intendiamo indifferentemente una qualsiasi delle dimensioni dell'oggetto, come ad esempio la larghezza, l'altezza o la profondità.

Riflessione da parte della terra — Uno degli effetti più importanti è quello prodotto dalle radioonde riflesse dalla superficie terrestre dopo che esse hanno abbandonato l'antenna trasmittente. La **figura 5** illustra il percorso seguito dall'energia a radiofrequenza diretta e da quella riflessa, nella distanza che intercorre tra due antenne relativamente prossime ad una superficie riflettente piana.

Osservando detta figura, si può notare che, nelle condizioni ad essa riferite, il punto indicato con R è l'unico — sull'intera superficie — dal quale l'energia irradiata dall'antenna A può, in seguito alla riflessione, raggiungere l'antenna B. Le onde riflesse nei punti M ed N — infatti — non passano dal punto B, per cui non provocano nell'antenna sita in quel punto alcun effetto. Tuttavia, se si installa l'antenna B in qualsiasi altro luogo al di sopra della superificie della terra, esisterà sempre un punto — su quest'ultima — dal quale le onde possono essere riflesse in direzione tale da raggiungerla. Le relazioni di fase che intercorrono tra le onde dirette che si spostano lungo il percorso aereo A-B e quelle riflesse lungo il percorso A-R-B dipendono dalla differenza tra le lunghezze dei due percorsi stessi, dal tipo di polarizzazione, e dallo sfasamento che si verifica nel punto di riflessione.

La differenza tra le lunghezze dei due percorsi varia col variare della posizione relativa delle stesse antenne rispetto alla superficie terrestre; analogamente, lo sfasamento che si verifica nel punto di riflessione varia anch'esso col variare dell'angolo di incidenza, e col variare sia della conduttività che della costante dielettrica della superficie riflettente. L'effetto generale derivante dalla combinazione dell'energia diretta e di quella riflessa consiste nella produzione di un diagramma a lobi, nei quali le onde tendono a rinforzarsi a vicenda (sommandosi) o ad elidersi (sottraendosi), distribuito sull'intera regione che si trova al di sopra della superficie riflettente.

La **figura 6** illustra la sezione trasversale di detto diagramma a lobi; in essa, le linee tratteggiate passano attraverso i punti in cui si hanno le intensità massime e minime di campo.

La curvatura della terra modifica solo leggermente l'andamento del diagramma, e ciò perchè il raggio della terra stessa è molto grande in confronto alla distanza presa in considerazione. Ciò nonostante, gli effetti delle irregolarità della superficie terrestre sono considerevoli, in quanto le variazioni dimensionali (di altezza, di profondità, ecc.), possono facilmente essere dell'ordine di grandezza della lunghezza d'onda delle frequenze considerate. La conseguenza generale derivante è che, anche su terreni particolarmente piani (regolari), la struttura a lobi dei punti di massima e minima intensità dei segnali è piuttosto irregolare. Le differenze di ampiezza che sussistono tra i punti di massima e minima intensità di campo sono di gran lunga inferiori a quelle che si avrebbero su una superficie perfettamente regolare e levigata. Buona parte degli effetti del diagramma a lobi si risolve in considerevoli variazioni dell'intensità del segnale ricevuto.

Gli effetti della riflessione da parte di oggetti aventi una buona conduttività sono notevoli: inoltre, dal momento che la maggior parte delle opere create dall'uomo (ci riferiamo agli edifici), contengono una forte percentuale di strutture metalliche, i fenomeni di riflessione che da esse derivano sono sovente causa di fastidiosi inconvenienti. Allorchè le onde di un segnale che si desidera ricevere percorrono direzioni di differente lunghezza, per poi convergere su di un'unica antenna ricevente, si ha spesso il manifestarsi di fastidiose interferenze, che portano alla riproduzione contemporanea di due segnali identici, con uno sfasamento tra loro che, per quanto lieve, compromette l'intelligibilità della ricezione, specie se i due segnali in arrivo hanno approssimativamente la medesima ampiezza. Di questo caso ci occuperemo più a fondo nello studio delle ricezioni televisive (il servizio televisivo utilizza appunto le gamme V.H.F. ed U.H.F.), che forma oggetto di un nostro apposito Corso.

Le conseguenze di questo fenomeno sulla ricezione di semplici trasmissioni radiofoniche, nelle quali la modulazione è costituita soltanto da segnali a frequenza acustica, sono altrettanto indesiderabili. Se il segnale interferente ha un'intensità sufficiente, si ha — ripetiamo — una ricezione distorta e spesso inintelligibile, quando l'intervallo di tempo tra due impulsi sonori identici è superiore ad un centesimo di secondo.

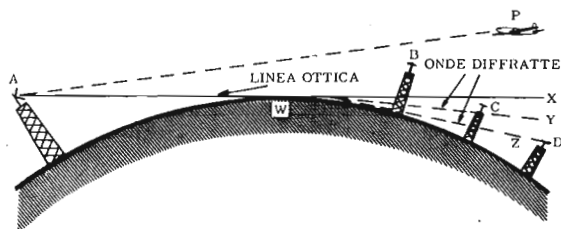



Fig. 8 - A causa della curvatura della superficie terrestre, la ricezione è possibile solo se le due antenne (trasmittente e ricevente) sono sulla medesima linea ottica. Nel caso illustrato, l'areoplano P riceve per onde dirette, come pure l'antenna B. Le antenne C e D tuttavia, pur non essendo ad un'altezza sufficiente per il livello della linea ottica (X), ricevono segnali per diffrazione.

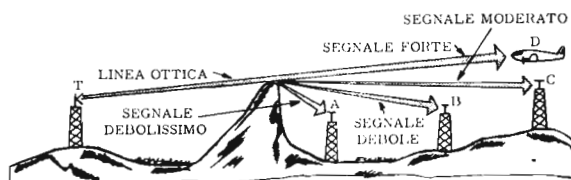



Fig. 9 - La presenza di un ostacolo, (come ad esempio una montagna) lungo la direzione di propagazione, è spesso causa di zone d'ombra e di diversi fenomeni di diffrazione. Nel caso rappresentato, l'areoplano D riceve le onde direttamente, mentre le antenne C, B e A ricevono segnali progressivamente più deboli, a causa dell'angolo di diffrazione sempre maggiore.

Le interferenze multiple causate dall'energia di un segnale riflesso diventano particolarmente gravi nelle zone in cui sono presenti grosse costruzioni in metallo. Esse peraltro possono verificarsi anche in zone collinose o montagnose, in modo speciale se l'antenna trasmittente è situata su di un picco, mentre quella ricevente non è in posizione tale da ricevere un buon segnale diretto.

Le riflessioni delle radioonde dovute alle brusche variazioni della costante dielettrica dell'atmosfera possono verificarsi in prossimità di masse d'aria aventi diverse caratteristiche fisiche, oppure a causa della presenza di zone fortemente ionizzate dell'aurora boreale e dello strato « E » della ionosfera.

Le riflessioni di questo tipo possono a volte restituire sulla terra l'energia dei segnali che, normalmente, sarebbe destinata a disperdersi nello spazio, riflettendola in punti della superficie terrestre a distanza di centinaia, e (a volte) di migliaia, di chilometri dalla antenna trasmittente. Ciò comunque si verifica sporadicamente, e senza un criterio predeterminato, in quanto la presenza di tali variazioni nelle caratteristiche della ionosfera è assolutamente imprevedibile.

Quest'ultimo effetto — tuttavia — diminuisce con l'aumentare della frequenza, e difficilmente viene preso in considerazione con frequenze al di sopra di 300 MHz. Si ha però notizia di qualche caso in cui — ad esempio — una stazione trasmittente americana a modulazione di frequenza, con frequenza dell'ordine di 100 MHz, è stata ricevuta in Australia.

I FENOMENI di DIFFRAZIONE

Come abbiamo visto a suo tempo, la diffrazione è il fenomeno in seguito al quale le onde ruotano intorno ad un ostacolo che si presenta lungo la direzione del loro spostamento. Alcuni tipi di materiali oppongono una certa impedenza al passaggio delle onde radio, che si risolve in una certa attenuazione, o in una dispersione dell'onda stessa in altre direzioni.

La diffrazione, a volte, fa in modo che una parte dell'onda sfiori il bordo della zona d'ombra che si trova posteriormente all'ostacolo. La **figura 7** illustra in **A** e in **B** gli effetti di diffrazione provocati da un medesimo tipo di ostacolo nei confronti di due diverse lunghezze d'onda.

Ci siamo occupati — a suo tempo — degli effetti di diffrazione nei confronti delle onde in genere: nei confronti delle V.H.F. e U.H.F., l'ostacolo principale che deve essere preso in considerazione è lo stesso globo terrestre, con particolare riguardo alle irregolarità presenti sulla sua superficie.

La **figura 8** illustra l'effetto della curvatura della superficie terrestre. L'antenna trasmittente è installata su una torre nel punto *A*, e la linea di orizzonte ottico è individuata dai punti *A - W -* X.

Le uniche antenne riceventi, presenti oltre il punto *W*, che possono ricevere energia a radiofrequenza non diffratta, sono quelle installate ad un'altezza sufficiente sulla superficie terrestre, affinchè si trovino al di sopra della linea di orizzonte ottico, come ad esempio l'antenna *B*, oppure l'aeroplano contraddistinto dalla lettera *P*.

Tuttavia, la parte dell'onda irradiata che sfiora la superficie della terra nel punto *W* viene diffratta verso il basso, come indicato dalle linee tratteggiate *W-Y* e *W-Z*. Maggiore è la lunghezza d'onda, maggiore è la diffrazione; di conseguenza, l'energia propagata lungo la linea *A - W - Z* risulta da una irradiazione effettuata con lunghezza d'onda maggiore che non quella con cui è effettuata l'irradiazione lungo la linea *A - W - Y*.

Questa leggera flessione, quasi parallela alla superficie della terra o alle maggiori irregolarità topografiche di quest'ultima, costituisce probabilmente l'effetto più importante che la diffrazione esercita nella gamma di frequenze di cui ci occupiamo. In sostanza, l'effetto della diffrazione consiste nell'aumentare la distanza utile alla quale i segnali possono essere propagati con esito positivo tra antenne installate ad altezze differenti.

Vari tipi di ostacoli naturali, presenti sulla superficie della terra, sono sufficientemente grandi in rapporto alle lunghezze d'onda comprese tra 10 metri (30 MHz) e 30 centimetri (1.000 MHz), per causare zone d'ombra ben definite. La **figura 9** illustra appunto la presenza di zone d'ombra che si verifica nei territori in cui figurano montagne di altezza apprezzabile.

In linea di massima, più acuta è la sommità dell'ostacolo, più efficace è il fenomeno di diffrazione. Allorchè si opera con frequenze elevate l'effetto di diffrazione provocato da questi tipi di ostacoli deve essere tenuto in seria considerazione nella scelta di un punto dove si desidera installare la stazione trasmittente.

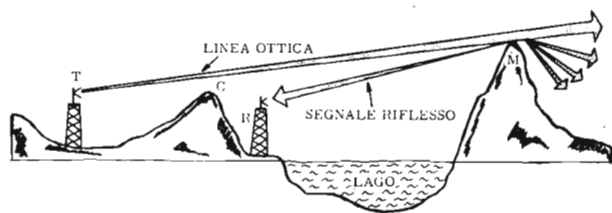



Fig. 10 - Spesso, nelle comunicazioni con frequenze molto elevate, un'antenna ricevente può ricevere i segnali emessi da una antenna direttiva orientata nella sua medesima direzione. Ciò accade quando esiste un ostacolo che riflette le onde nella direzione di provenienza. Si noti la diffrazione oltre l'ostacolo.

Fig. 11 - In condizioni normali di pressione, di temperatura, e di ionizzazione, l'indice di rifrazione diminuisce leggermente e regolarmente con lo aumentare dell'altezza rispetto alla superficie terrestre.

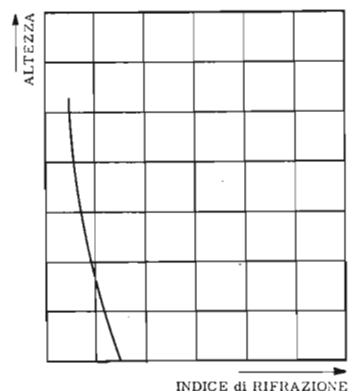
La conformazione naturale della superficie terrestre varia notevolmente — ripetiamo — da una località ad un'altra; è quindi possibile enunciare poche regole generali agli effetti della scelta del punto di installazione di trasmettitori funzionanti nelle gamme V.H.F. e U.H.F. Anche queste regole devono essere considerate con una certa cautela e verificate sperimentalmente, nella eventualità che si ottengano risultati poco soddisfacenti. Gli argomenti da considerare sono i seguenti:

— Per ottenere con sicurezza la massima portata utile, è opportuno installare l'antenna trasmittente alla massima altezza consentita, ed il più possibile lontano dagli ostacoli (edifici, colline, ecc.) presenti in prossimità. Ciò è particolarmente importante per il raggiungimento delle aree che si trovano al di sotto del livello medio, nella zona circostante, come ad esempio bassopiani, vallate, ecc.

— Se esiste qualche ostacolo che impedisce l'osservazione diretta della linea di orizzonte, è più opportuno installare l'antenna ricevente ad una certa distanza da detto ostacolo: essa deve trovarsi — in altre parole — in posizione tale che una retta ipotetica possa unirla alla antenna trasmittente senza subire interruzioni nè deviazioni. Nella figura 9, l'antenna ricevente presente nel punto *B* riceverà logicamente un segnale più intenso dal trasmettitore *T* che non un'antenna identica installata nel punto *A*, pur essendo entrambe ad un'altezza pressochè eguale.

In caso di impossibilità di porre l'antenna ricevente in un punto favorevole, come ad esempio *B* o *C*, può essere vantaggioso adottare un'antenna ricevente direzionale orientata verso un oggetto riflettente che sia in grado di ricevere un segnale abbastanza forte. Questo caso è illustrato alla **figura 10**.

I FENOMENI di RIFRAZIONE

Quando un'onda radio attraversa la zona interposta tra due mezzi di propagazione aventi una diversa costante dielettrica, la direzione di propagazione viene alterata, a meno che l'angolo di incidenza non sia esattamente di 90°. Come abbiamo visto a suo tempo, sia a proposito delle onde radio, che a proposito delle onde sonore, questo fenomeno si chiama rifrazione. L'angolo di incidenza dell'onda rispetto alla superficie intermedia, e la differenza tra le costanti dielettriche dei due mezzi, sono determinanti agli effetti dell'ammontare della rifrazione della direzione di propagazione.

Abbiamo visto a suo tempo, inoltre, che l'indice di rifrazione di qualsiasi mezzo può essere definito come il rapporto tra la velocità della luce nel mezzo stesso, e la velocità della luce nel vuoto.

La costante dielettrica del mezzo di propagazione esercita un'influenza diretta col fenomeno di rifrazione.

Considerando gli effetti della rifrazione da parte della atmosfera sulle onde radio di frequenza compresa tra 30 e 1.000 MHz, la conoscenza delle condizioni che si verificano ad alcune centinaia di metri di altezza dalla superficie terrestre, acquista una certa importanza.

Come è noto, l'aria è suscettibile di compressione, e lo stesso peso dell'atmosfera che la sovrasta fa sì che la densità dell'aria aumenti progressivamente in prossimità della superficie terrestre. Oltre a ciò, l'aria prossima al suolo contiene una quantità di vapore maggiore di quella contenuta negli strati d'aria ad una certa altezza a causa dei fenomeni di evaporazione da parte della vegetazione, degli specchi d'acqua, ecc.

Entrambi questi fenomeni provocano un aumento della costante dielettrica in prossimità della terra, ed una conseguente progressiva diminuzione della stessa con l'aumentare dell'altitudine. Da ciò deriva che l'indice di rifrazione è anch'esso maggiore in prossimità del suolo, e — logicamente — diminuisce man mano che si sale, in condizioni normali.

La variazione dell'indice di rifrazione non è notevole; essa è però sufficiente a far sì che le radioonde che si propagano orizzontalmente subiscano una leggera flessione verso il basso. L'ammontare di detta flessione è proporzionale alla variazione dell'indice di rifrazione col variare dell'altitudine.

Questo effetto, come appare evidente, si somma a quello della deviazione per diffrazione, ed estende ulteriormente la portata delle trasmissioni al di là dello orizzonte ottico. La **figura 11** illustra l'andamento della curvatura di un'onda radio riferito all'altezza alla quale è posta l'emittente. La curvatura in questione è quella dovuta agli strati bassi dell'atmosfera, quando questa si trova in condizioni normali.

Sfortunatamente, dette condizioni normali non si verificano che per alcune ore al giorno, e senza alcuna regolarità. Infatti, le variazioni dell'indice di rifrazione in funzione dell'altezza dipendono essenzialmente

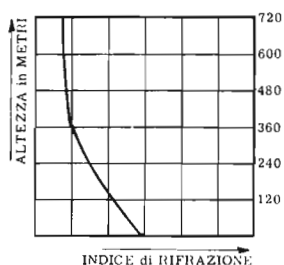



Fig. 12-A - La variazione dell'indice di rifrazione è molto più rapida al di sotto di 360 metri circa; si ha allora uno «strato superficiale» che aumenta la portata del trasmettitore con segnali di frequenza appropriata.

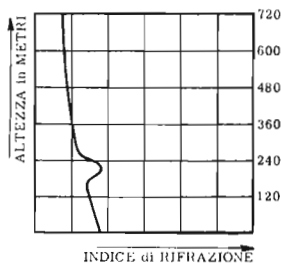



Fig. 12-B In altre condizioni, la variazione dell'indice di rifrazione è più brusca ad altezze comprese tra 150 e 250 metri circa. Se un'antenna ricevente si trova ad un'altezza adatta, può ricevere a distanza ancora maggiore.

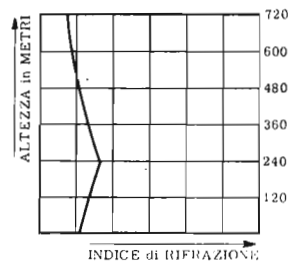



Fig. 12-C - In altri casi si hanno risultati opposti: l'indice aumenta fino ad una data altezza, dopo di che diminuisce progressivamente. Ciò determina uno strato rifrangente che ha effetti particolari, a seconda della frequenza.

dalle condizioni atmosferiche locali e dalla temperatura. In particolare, hanno molta importanza le variazioni, in funzione dell'altezza, della pressione, dell'umidità, e della temperatura. Se si eccettuano pochissimi casi, la previsione dell'andamento di queste condizioni, e del loro effetto sull'indice di rifrazione, è sempre molto difficile e — molto spesso — impossibile.

Indice di rifrazione e condizioni atmosferiche — Alla **figura 12** è indicato, in funzione dell'altezza, la rapidità di cambiamento dell'indice di rifrazione, in corrispondenza di tre casi tipici di condizioni atmosferiche.

Abbiamo visto, alla figura 11, le condizioni che si verificano normalmente. In tal caso, l'onda emessa orizzontalmente risulta deviata verso il basso, curvandosi un po' meno della superficie terrestre. Sono queste le condizioni standard, cui si è accennato precedentemente.

In **A**, la variazione dell'indice di rifrazione è molto più forte al di sotto dei 360 metri di altezza, il che determina la presenza di un cosiddetto « strato superficiale ». Quando ciò si verifica, le onde radio di frequenza appropriata, irradiate orizzontalmente da un'antenna situata all'interno o leggermente al di sotto dello strato superficiale, vengono rifratte verso il basso in modo maggiore che non nel caso precedente. E' quindi possibile ricevere il segnale in punti della superficie terrestre notevolmente al di fuori della normale portata del trasmettitore.

Questo effetto, quando è molto forte, viene denominato « effetto trappola », poichè le onde rimangono parzialmente intrappolate nello strato in cui si verificano le condizioni di rifrazione anormali. Si può dire che questo strato agisca, in questo caso, come una guida entro la quale le onde radio si propagano.

Il caso **B** è simile a quello ora trattato, se si eccettua il fatto che lo strato trappola si determina ad un'altezza superiore. Precisamente, la rapidità di variazione dell'indice di rifrazione è simile a quella normale fino ad un'altezza di circa 150 metri. Successivamente, aumenta in modo netto, per tornare poi in condizioni normali a circa 250 metri di altezza.

In queste condizioni, le onde radio, irradiate orizzontalmente da parte di antenne disposte al di sotto dello strato trappola, risultano parzialmente intrappolate da questo. Un'antenna ricevente, posta molto al di là della normale zona di propagazione, può riuscire a captare un segnale di intensità sufficiente, se si trova ad un'altezza compresa tra il limite superiore ed il limite inferiore dello strato. Anche le antenne disposte al di sopra od al di sotto dello strato ricevono un certo segnale, che però risulta nettamente inferiore.

Condizioni completamente opposte a quelle che si determinano nel caso dello strato superficiale, sono riportate alla figura 12-**C**. Dell'andamento della curva si può rilevare che, fino ad una certa altezza, l'indice di rifrazione varia in modo pressochè costante, aumentando. In seguito, esso diminuisce, sempre con variazione quasi uniforme, fino a riportarsi alle condizioni normali. In conseguenza di ciò, si determina lo strato rifrangente ad una certa altezza rispetto al suolo; questo strato ha un effetto molto caratteristico sulla propagazione delle onde radio.

L'effetto di intrappolamento delle onde radio da parte di strati superficiali è trattato in questa lezione poichè esso si manifesta in modo rilevante esclusivamente nel campo delle VHF e delle UHF. A frequenze inferiori o superiori, pur continuando a sussistere, questo effetto non è tale da permettere il suo sfruttamento pratico nel campo delle radiocomunicazioni. La tabella qui riportata indica la relazione fra lo spessore dello strato trappola e la massima lunghezza d'onda che può essere intrappolata, qualora lo strato abbia caratteristiche tali da determinare una rifrazione sufficiente.

Spessore degli strati	Frequenza
25 metri	3.000 MHz
36 metri	1.000 MHz
120 metri	300 MHz
180 metri	100 MHz
600 metri	30 MHz

Per frequenze inferiori ai 30 MHz, occorrerebbero strati trappola di forte altezza, che si verificano solo in circostanze eccezionali; non si può pertanto fare conto su questo genere di propagazione con sicurezza.

Gli strati trappola estendono la portata delle trasmissioni VHF ed UHF soprattutto nel caso in cui sia l'antenna trasmittente che quella ricevente si trovino all'interno dello strato. Anche nel caso in cui le antenne siano di poco al di sopra dello strato, si hanno buoni risultati.

ANTENNE per ONDE CORTISSIME e ULTRACORTE

Ci siamo occupati della propagazione delle onde di frequenza compresa tra 30 e 1.000 MHz, ed abbiamo esaminato le differenze tra il comportamento di tali onde e di quelle di frequenza minore: osserveremo ora come detto comportamento debba essere tenuto in rilevante considerazione nella scelta del tipo di antenna da adottare con un'apparecchiatura funzionante appunto in una di tali gamme.

Possiamo innanzitutto distinguere tra antenne *omnidirezionali*, ed antenne *direzionali*. Le prime, come dice la parola stessa, irradiano in tutte le direzioni (compatibilmente con le caratteristiche del luogo in cui sono installate) mentre, nelle seconde, la potenza del trasmettitore viene concentrata in un'unica direzione, mediante l'emissione di **un fascio di onde**, inviate direttamente verso l'antenna ricevente, oppure, ove necessario, verso un ostacolo che provvede a riflettere le onde stesse nella direzione voluta.

Come vedremo, il fenomeno della riflessione viene sfruttato vantaggiosamente nelle antenne direzionali. Infatti, in prossimità dell'elemento attivo (irradiante), con determinati criteri che apprenderemo, vengono installati degli elementi **parassiti**. Questi ultimi hanno, rispetto all'antenna vera e propria, relazioni dimensionali tali che l'energia da essi riflessa viene a trovarsi in fase con quella diretta, in modo da sommarsi ad essa.

In pratica, le antenne adottate nelle gamme di frequenze di cui ci occupiamo, sia per la trasmissione che per la ricezione, sono basate sui medesimi principi esposti nella lezione 125ª nei confronti di segnali a frequenza minore. L'unica differenza vera e propria consiste nelle diverse dimensioni che, dato il funzionamento su lunghezze d'onda molto ridotte, sono più piccole, oltre alla diversa tecnica di impiego, dovuta alle diverse caratteristiche di propagazione e soprattutto, molte volte, allo sfruttamento della direzionalità.

Come sappiamo, il compito di un'antenna trasmittente consiste nel convertire la massima parte della energia ricevuta dal trasmettitore in energia irradiata sotto forma di onde radio, e quello di un'antenna ricevente nel captare la massima parte dell'onda che la colpisce, al fine di fornire al ricevitore cui è connessa un segnale avente la massima ampiezza.

Per aumentare l'efficacia di un'antenna, si ricorre spesso alla combinazione di diversi elementi, i quali formano così un allineamento di antenne, ossia un *sistema di antenna* (in inglese, « antenna array »). Le applicazioni in questo campo sono numerose; si hanno infatti dei semplici dipoli, dipoli con elementi parassiti o riflettori, antenne rombiche, antenne « Yagi », paraboliche, ecc., ed il loro impiego dipende — ripetiamo — dalle prestazioni che si desidera ottenere.

Una premessa necessaria a quanto viene qui esposto, è che — come già si è detto in altra occasione — il funzionamento di un'antenna può aver luogo indifferentemente sia in trasmissione che in ricezione. Nel caso dell'impiego in trasmissione, i campi irradiati determinano effetti secondari negli elementi aggiunti, i quali effetti si ripercuotono sul funzionamento dell'intera antenna, modificandone — a seconda delle caratteristiche strutturali, dimensionali e di collegamento — sia l'intensità di irradiazione che la direzionalità. Nel caso invece dell'impiego in ricezione, gli effetti secondari si manifestano egualmente negli elementi aggiunti, con la sola differenza che — invece di essere dovuti al campo emesso direttamente dall'elemento attivo — essi sono dovuti all'energia captata dallo spazio, e proveniente dal trasmettitore i cui segnali vengono ricevuti. In altre parole, se un'antenna ha caratteristiche dimensionali tali da predisporne il funzionamento sulla frequenza — ad esempio — di 300 MHz, tale antenna può essere impiegata opportunamente sia per trasmettere segnali su questa frequenza, che per riceverli.

Nel caso delle antenne direttive, l'effetto di direzionalità, dovuto alla presenza di elementi parassiti opportunamente disposti, si manifesta anch'esso sia agli effetti dell'irradiazione che agli effetti della ricezione. Infatti, un'antenna predisposta per inviare segnali di una data frequenza in una determinata direzione, è anche adatta per ricevere segnali di tale frequenza, provenienti dalla medesima direzione, e soltanto da quella.

Se si considera che un elemento irradiante, connesso all'uscita di un trasmettitore, induce correnti in fase che provocano anch'esse una certa irradiazione che, mantenendo le relazioni di fase rispetto alle correnti originali, alterano le caratteristiche di irradiazione, è intuitivo che le tensioni che si manifestano sia nell'elemento principale che negli elementi parassiti per effetto delle onde elettromagnetiche, abbiano tra loro relazioni di fase determinate dalle dimensioni e dalla reciproca posizione degli elementi stessi.

La sola differenza tra il caso di trasmissione e quel-

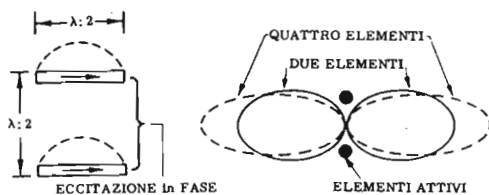



Fig. 1 - Rappresentazione di un'antenna ad irradiazione trasversale. I due elementi, di lunghezza pari a λ : 2, e distanziati di un ammontare pari alla lunghezza stessa, sono eccitati in fase. A lato è visibile la variazione del diagramma di irradiazione con l'impiego di 2 o 4 elementi.

Fig. 2-A - Antenna con irradiazione alle estremità, e diagramma relativo di irradiazione. La distanza tra gli elementi è pari a λ : 2, e lo sfasamento è di 180°.

Fig. 2-B - Se si riduce la distanza a λ : 4, e lo sfasamento a 90°, il diagramma di irradiazione diventa monodirezionale, come illustrato a lato.

lo di ricezione sotto questo punto di vista, consiste nel fatto che, mentre in trasmissione le caratteristiche di funzionamento si rivelano agli effetti dell'intensità del segnale irradiato e dalla direzione di irradiazione, agli effetti della ricezione esse si rivelano nella intensità del segnale ricevuto, e nell'orientamento che l'antenna deve avere rispetto al trasmettitore con cui è in contatto, affinchè la ricezione sia possibile.

TIPI di ANTENNE

I diversi elementi costituenti l'antenna (attivi e parassiti) possono essere tutti in diretto collegamento con la linea di trasmissione, come possono esserlo in parte. Allorchè l'antenna è formata da elementi tutti connessi, si possono distinguere — a seconda della posizione, direzione ecc. degli elementi — tre tipi di antenna risultante: l'antenna ad irradiazione trasversale, quella con irradiazione alle estremità, e quella ad irradiazione collineare.

Antenna ad irradiazione trasversale — Quando due elementi, aventi una lunghezza pari alla metà della lunghezza d'onda, si trovano ad una distanza tra loro *pari alla loro lunghezza stessa* (λ : 2), paralleli tra loro ed eccitati con la medesima fase, la maggior parte dell'irradiazione si verifica in una direzione perpendicolare al piano individuato dagli elementi stessi.

La **figura 1** illustra la struttura ed il diagramma di irradiazione di un'antenna di questo tipo. Osservando tale figura, si nota che il diagramma di irradiazione è raffigurato in tratto continuo; quello tratteggiato rappresenta invece l'aumento di direzionalità che si ottiene aumentando il numero degli elementi.

Antenna con irradiazione alle estremità — Quando due elementi irradianti sono distanziati tra loro di una certa *frazione della lunghezza d'onda*, (ad esempio 0,2 λ), e vengono eccitati l'uno rispetto all'altro con uno sfasamento pari alla medesima frazione riferita ad un ciclo (0,2 di un ciclo nel nostro esempio, cioè 0,2 di 360°, vale a dire 72°), l'irradiazione è direzionale rispetto al piano dell'antenna stessa, e perpendicolare al piano individuato dagli elementi. In particolare, essa è direzionale rispetto a quel terminale nel quale la corrente subisce il massimo ritardo.

Se la distanza tra gli elementi è pari alla metà della lunghezza d'onda, allora, evidentemente, l'eccitazione avviene in opposizione di fase, ossia con uno sfasamento di 180°. Ciò determina il diagramma di irradiazione bidirezionale illustrato alla **figura 2-A**. E' però possibile ottenere un diagramma di irradiazione monodirezionale, del tipo a cardioide (figura 2-**B**), portando la distanza tra gli elementi ad un quarto della lunghezza d'onda, e riducendo, mediante intervento sulla linea di trasmissione, lo sfasamento a soli 90°.

Antenna ad irradiazione collineare — Si ha un'antenna del tipo collineare allorchè essa è costituita da due elementi di lunghezza *pari alla metà della lunghezza d'onda*, posti uno a fianco dell'altro, longitudinalmente, ed eccitati in fase.

Nell'allineamento collineare non si verifica alcuna direzionalità nel piano perpendicolare dell'antenna stessa, ma si ha un diagramma di forma piuttosto stretta ed allungata in qualsiasi piano passante per essa, come illustrato dalla **figura 3**. Aggiungiamo che, come accade con qualsiasi altro tipo, aumentando il numero degli elementi a mezza onda, si aumenta contemporaneamente e proporzionalmente la direttività del diagramma di irradiazione.

Gli elementi parassiti

Un'antenna provvista di elementi parassiti consta di due o più elementi, uno solo dei quali viene connesso alla linea di trasmissione. L'altro elemento (o gli altri, se più di uno), viene eccitato o per induzione da parte delle onde elettromagnetiche in arrivo (in ricezione) o dal campo di irradiazione emesso dall'elemento attivo (nel caso dell'impiego in trasmissione). Come detto poc'anzi, con l'aggiunta di uno o più elementi parassiti è possibile ottenere diagrammi particolarmente direzionali.

In pratica, il funzionamento è analogo a quello che si verifica in un comune trasformatore, nel quale un avvolgimento (primario), induce una corrente nell'altro (secondario), la quale corrente — a sua volta — determina un campo magnetico che induce un'altra corrente nel primario in seguito alla produzione di un ulteriore campo magnetico.

La relazione di fase tra i segnali presenti nei diversi elementi varia a seconda della distanza che tra essi intercorre. Tale distanza — normalmente — cor-

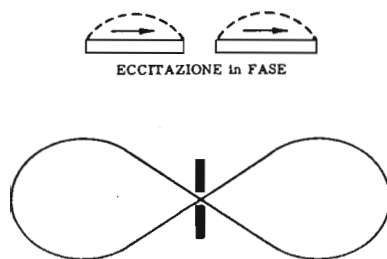



Fig. 3 - Nell'antenna collineare, le due sezioni del dipolo sono eccitate in fase. Il diagramma di irradiazione è — in tal caso — bidirezionale.

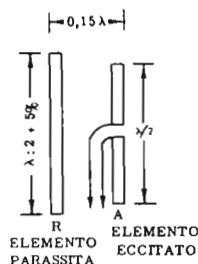



Fig. 4-A - Rappresentazione di un dipolo con elemento riflettore (più lungo dello 0,5% dell'elemento attivo.)

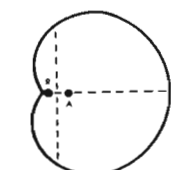



Fig. 4-B - Diagramma di irradiazione di una antenna del tipo di figura 4-A. L'antenna A è direttiva nella direzione opposta al lato del riflettore (R)

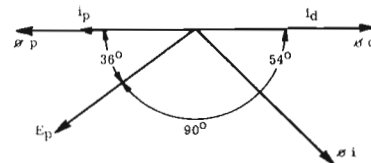



Fig. 4-C - Rappresentazione vettoriale delle relazioni di fase in una antenna ad elementi parassiti del tipo di figura 4-A. Il tempo durante il quale il campo dell'elemento attivo raggiunge il riflettore corrisponde ad 1/15 di ciclo (pari a 54°). Il campo di quest'ultimo, (che non risuona perchè più lungo), è in opposizione di fase rispetto a quello dell'elemento attivo. Perciò l'antenna è direttiva.

risponde ad una frazione apprezzabile della lunghezza d'onda.

In un'antenna con elementi parassiti, come quella illustrata alla **figura 4-A**, l'elemento eccitato, indicato con A, è interrotto al centro per consentire il collegamento di una linea di alimentazione a bassa impedenza. La lunghezza di tale elemento ammonta alla metà della lunghezza d'onda. Questo particolare rende l'antenna stessa autorisonante.

L'elemento parassita, detto **riflettore**, si trova ad una distanza dal primo pari al 15% della lunghezza d'onda, ed ha una **lunghezza maggiore** del 5% circa. Il diagramma di figura 4-**B** illustra il comportamento direzionale, e la figura 4-**C** illustra vettorialmente le relazioni di fase che si verificano. Il vettore i_d, che rappresenta la corrente circolante nell'elemento eccitato, è in fase col campo H. Quella parte di detto campo H che taglia l'elemento parassita è in ritardo rispetto al campo erogato dall'elemento attivo, di un ammontare pari a 0,15 cicli, (corrispondente al tempo impiegato per coprire la distanza tra gli elementi). Tale ritardo equivale a 54° (360 × 0,15 = 54). La tensione indotta dal campo magnetico è sfasata di 90° rispetto al campo stesso, ed è rappresentata dal vettore E_p.

Se l'elemento parassita fosse in condizioni di risonanza, la corrente che lo percorre sarebbe in fase con E_p; il riflettore — invece — ha, come abbiamo detto, una lunghezza maggiore di quella occorrente per ottenere la risonanza sulla semilunghezza d'onda. Una antenna lunga, come sappiamo, presenta una caratteristica induttiva, e la corrente che la percorre è in ritardo rispetto alla tensione di 36°, se la differenza di lunghezza in più ammonta al 5% (percentuale di maggiore lunghezza prescelta per il riflettore). Il campo irradiato è inoltre in fase con questa corrente. Riassumendo, il campo erogato, nell'istante in cui — per così dire — si stacca dall'elemento parassita, viene ad essere in opposizione di fase (ossia sfasato di 180°) rispetto a quello emesso — nel medesimo istante — dall'elemento eccitato.

Se il diagramma polare di due elementi spaziati di 0,15 volte la lunghezza d'onda, ed eccitati in opposizione di fase, viene rappresentato graficamente, risulta appunto la curva illustrata alla figura 4-B. Ciò dimostra che la maggior parte dell'irradiazione si manifesta da un lato dell'elemento eccitato direttamente, il quale lato è opposto a quello che ha di fronte l'elemento parassita. Ovviamente, l'irradiazione dal lato dell'elemento riflettore è minima.

Un altro particolare degno di nota è che il campo che passa attraverso il riflettore taglia l'antenna (elemento eccitato), e induce in essa una tensione che modifica la corrente di ingresso. L'impedenza d'ingresso, che è funzione di detta corrente, ammonta allora a circa 50 ohm, in confronto ai 75 ohm della sola antenna.

Un elemento parassita assume il ruolo di elemento **direttore**, allorchè ha una **lunghezza inferiore** a quella dell'elemento attivo (**figura 5-A**). In questo caso, la maggior parte dell'energia viene orgata dall'elemento attivo in direzione dell'elemento parassita. Per comprendere ciò che accade, si osservi il diagramma di irradiazione illustrato alla figura 5-**B**. In linea di massima, l'elemento direttore ha una lunghezza inferiore del 5% circa, e dista dall'elemento attivo di un ammontare pari a circa 0,1 volte la lunghezza d'onda. A volte, in questo tipo di antenna, l'impedenza dell'elemento attivo si riduce al valore di 20 ohm.

Per aumentare ulteriormente sia la direttività che il guadagno, è possibile aggiungere ad un'antenna eccitata diversi elementi parassiti. Il guadagno teorico di un'antenna direzionale, costituita da un elemento attivo e da un certo numero di elementi parassiti, è il seguente:

Numero degli elementi	Guadagno
2	2,5 (4,0 dB)
3	3,6 (5,6 dB)
4	5,0 (7,0 dB)
5	6,4 (8,1 dB)

Si veda, in proposito, quanto detto a pagina 997.

Si osservi l'antenna ad elementi denominata « Yagi », illustrata alla **figura 6-A**. In questo tipo, l'elemento attivo è isolato, mentre il riflettore e tutti gli elementi direttori sono saldati ad un tubo parallelo alla direzione di propagazione. L'ampiezza del fascio d'onde è di circa 19°. L'antenna « Yagi » a 4 elementi illustrata nella figura 6-**B**, avente caratteristiche costruttive analoghe a quelle del tipo illustrato alla figura 6-A, ha una ampiezza del fascio di circa 50°.

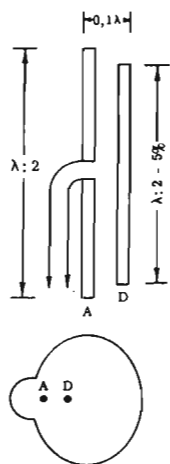



Fig. 5-A - Rappresentazione di un dipolo provvisto di elemento parassita (direttore), più corto del 5%.

Fig. 5-B - Diagramma di irradiazione della antenna del tipo di figura 5-A.

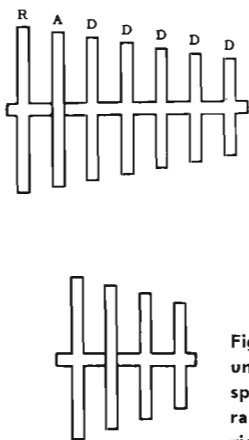



Fig. 6-A - Esempio di una antenna « Yagi », munita di un elemento attivo, A, un elemento riflettore, R, (più lungo), e di cinque elementi direttori (D), progressivamente più corti.

Fig. 6-B - Antenna « Yagi » con un riflettore e due direttori. Rispetto al tipo illustrato alla figura 6-A, il diagramma di irradiazione è molto meno direzionale.

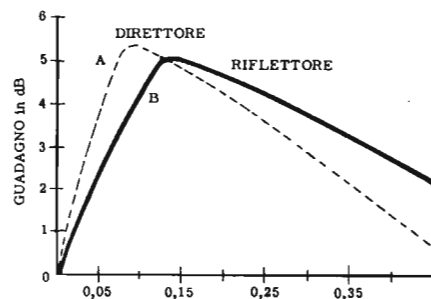



Fig. 7 - Rappresentazione della variazione del guadagno relativo in un'antenna ad elementi parassiti, col variare della distanza degli stessi espressa in frazioni della lunghezza d'onda (sull'asse orizzontale).

Il metodo convenzionale per esprimere la direzionalità di un sistema di antenna è fondato o sul rapporto tra la potenza ottenuta nel lobo maggiore e quella irradiata da una semplice antenna a mezza onda (guadagno d'antenna), oppure sul rapporto tra la potenza erogata in direzione del lobo migliore, e quella irradiata in direzione opposta (rapporto tra irradiazione anteriore e irradiazione posteriore).

La direzione del lobo migliore viene normalmente definita « *direzione avanti* » mentre la direzione opposta viene definita « *direzione dietro* ». In altre parole, questo rapporto sussiste tra la potenza utile del campo anteriore, e la potenza utile del campo posteriore.

Ad esempio, il rapporto *avanti/dietro* dell'antenna illustrata alla figura 4-B è di circa 5 : 1. In decibel, ciò rappresenta approssimativamente un guadagno di 7 dB. Il rapporto tra la potenza anteriore e quella ottenibile con una singola antenna a mezza onda ammonta a circa 4 decibel.

La **figura 7** illustra l'effetto della variazione di distanza tra gli elementi, nei confronti del guadagno di potenza di un'antenna, paragonato all'intensità del campo di un'antenna semplice a mezza onda.

La curva indicata con *A* rappresenta il guadagno che si ottiene se si frappone una distanza pari a diversi sottomultipli della lunghezza d'onda tra un elemento direttore a mezza onda, ed un elemento attivo a mezza onda.

La curva indicata con *B* illustra invece il guadagno corrispondente ad una distanza di mezza onda tra il *riflettore* e l'elemento irradiante a mezza onda.

Il grafico illustra le condizioni nelle quali — adottando un unico elemento parassita — la differenza di risultato che si ottiene impiegandolo come direttore è minima rispetto all'impiego con funzioni di riflettore. Allorchè l'elemento parassita viene dimensionato in modo da agire da riflettore, la distanza dall'elemento attivo che consente il massimo guadagno ammonta a circa 0,15 volte la lunghezza d'onda; si tratta di un picco di guadagno piuttosto ampio. Usato come elemento direttore, esso consente un guadagno anche maggiore (sebbene di poco): tuttavia, la differenza rispetto al caso precedente non supera 0,5 dB. Di conseguenza, sulla base del guadagno ottenuto, non vi sono elementi che possano determinare decisamente la scelta tra i due tipi di impiego di un unico elemento parassita. La curva più ampia consentita dall'elemento riflettore offre un vantaggio considerevole, in quanto la distanza tra questo e l'elemento attivo è meno critica. Di conseguenza, un errore di piccola entità nella distanza tra l'elemento irradiante ed il riflettore provocherà una diminuzione del guadagno inferiore a quella derivante dal medesimo errore nei confronti dell'elemento impiegato come direttore. Per questo motivo, allorchè si usa un elemento singolo, si tratta — in genere — di un elemento riflettore.

Il confronto tra i tipi di antenne più direttivi viene fatto in funzione dell'angolo del fascio d'onde. Ci riferiamo all'angolo compreso tra i punti in cui si ha la metà della potenza, nel lobo principale del diagramma di irradiazione. Detti punti sono quelli nei quali l'intensità del campo elettrico (volt per metro) è pari a 0,707 volte quella che si ottiene lungo l'asse del fascio d'onde. La **figura 8** illustra l'angolo del fascio di un diagramma di irradiazione. In questa figura, l'angolo compreso tra i punti *A* e *B*, ossia l'angolo ϑ, rappresenta l'angolo cui ci riferiamo. In ciascuno di questi punti, l'intensità del segnale è pari a 0,707 volte il valore che si ottiene nel punto *C*. In *A* ed in *B*, la potenza irradiata è la metà di quella che si ha in *C*; di conseguenza, essi possono essere definiti anche « *punti a semi potenza* ».

Nelle antenne costituite da diversi elementi, l'impedenza di ingresso assume valori bassi fino a 15 ohm. In questi tipi, sono necessari speciali dispositivi di adattamento per consentire il collegamento attraverso le linee di trasmissione, la cui impedenza, come sappiamo, ha un valore più elevato, (generalmente 75, 150 e 300 ohm).

Uno dei metodi più comuni per effettuare l'adattamento consiste nell'adottare il collegamento a « delta », (illustrato a pagina 975, figura 16), nel quale i terminali della linea da connettere all'antenna vengono allontanati l'uno dall'altro prima di effettuare la connessione. Quella parte di linea che viene così modificata nella distanza tra i conduttori, presenta un'impedenza caratteristica variabile, in continuo aumento con l'aumentare della distanza tra i conduttori della linea.

L'impedenza di un elemento irradiante varia da 73 ohm al centro a circa 2.500 ohm in corrispondenza delle estremità. Ne deriva che l'impedenza in qualsiasi punto intermedio può essere determinata in funzione della di-

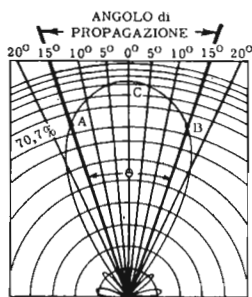



Fig. 8 - Rappresentazione dell'angolo di propagazione (compreso tra A e B) del fascio d'onde, sul diagramma di irradiazione.

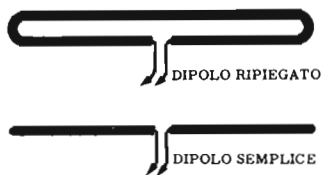



Fig. 9-A - Confronto tra la struttura di un dipolo ripiegato (in alto), e un dipolo semplice (in basso). La lunghezza resta invariata.

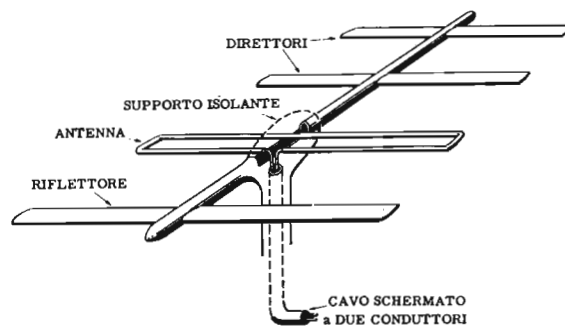



Fig. 9-B - Esempio di antenna « Yagi » con dipolo ripiegato come elemento attivo, munita di un elemento riflettore e di due elementi direttori. La discesa consiste in un cavo schermato a due conduttori.

stanza dal centro. Su un determinato elemento, è possibile individuare due punti tra i quali il valore di impedenza è pari a quello della linea di trasmissione, in corrispondenza dei due conduttori tra loro divaricati; il collegamento viene effettuato in quei punti.

Un secondo metodo, molto più comune, consiste nell'impiego di un dipolo ripiegato del tipo illustrato alla **figura 9-A**. Come sappiamo, un dipolo ripiegato consiste in un conduttore avente una lunghezza pari alla lunghezza d'onda, piegato alle estremità in modo da formare un elemento di lunghezza pari alla metà di quella originale ($\lambda : 2$). Per rendere meglio l'idea, diremo che esso consta di due elementi a mezza onda, uniti tra loro alle estremità. In questo tipo di antenna, la tensione presente alle estremità di ogni singolo terminale deve essere la medesima. Durante il funzionamento, il campo irradiato dall'elemento eccitato induce una determinata corrente nell'altro; questa corrente è esattamente **eguale** a quella presente nel primo.

Un comune dipolo, nel quale circoli una data corrente I, determina nello spazio un campo avente una certa intensità. A causa di detto campo, si può affermare che esiste una certa densità di potenza per ogni metro quadrato giacente su ciascuno dei piani individuabili nello spazio. Tale densità di potenza viene prodotta dalla potenza di ingresso P. La relazione che intercorre tra la resistenza di ingresso, la corrente, e la potenza di ingresso, può essere espressa mediante la seguente formula:

$$R = \frac{P}{I^2}$$

Nel caso del dipolo ripiegato, in corrispondenza dei terminali di ingresso si ha la medesima corrente I; tuttavia, questa stessa corrente scorre in entrambe le sezioni dell'antenna, per cui l'intensità di campo nello spazio è doppia rispetto a quella di un dipolo teso. A causa di ciò, la densità di potenza per metro quadrato aumenta al quadruplo del valore precedentemente considerato, mentre la corrente che circola in corrispondenza dell'ingresso resta **invariata**. Per contro, la potenza di ingresso deve essere pari al quadruplo. In tal caso, perchè l'espressione precedentemente citata rimanga vera, è necessario moltiplicare il valore di R per 4, come segue:

$$4R = \frac{4P}{I^2}$$

Se le due sezioni di un dipolo ripiegato hanno il medesimo diametro, la resistenza di ingresso è pari a quattro volte quella di un semplice dipolo a mezza onda. L'aumento del diametro di una sezione fa sì che l'aumento di impedenza diventi ancora maggiore (vedi pagina 976). L'impedenza di ingresso dell'elemento eccitato di una antenna ad elementi parassiti diminuisce, a causa di questi ultimi, a circa un quarto del valore di impedenza della linea di alimentazione (ad esempio cavo coassiale). L'impiego del dipolo ripiegato consente tuttavia l'aumento dell'impedenza — ripetiamo — di quattro volte. In tal modo si può ottenere un buon adattamento di impedenza. La figura 9-**B** illustra un tipo di dipolo ripiegato, con un elemento riflettore e due direttori.

Collegamenti tra gli elementi di un'antenna

Esistono diversi modi per connettere tra loro i vari elementi di un sistema d'antenna, al fine di ottenere le volute relazioni di fase. Il metodo più conveniente per variare la fase tra due elementi distanziati tra loro di mezza lunghezza d'onda consiste nell'adottare tra di essi una apposita linea di trasmissione.

Nel tipo ad irradiazione trasversale, illustrato alla **figura 10**, uno degli elementi, come si nota, è eccitato direttamente. Detto elemento è successivamente connesso all'altro mediante un tratto di linea di trasmissione a mezza lunghezza d'onda. La fase della tensione presente lungo la linea è spostata di 180° per ogni semilunghezza. Infatti, i due terminali connessi al secondo elemento sono invertiti, il che determina un'inversione di polarità simile a quella derivante da un altro sfasamento di 180°. *Di conseguenza, il secondo elemento viene eccitato in fase rispetto al primo.*

In questo modo, è possibile connettere tra loro qualsiasi numero di elementi. In aggiunta, l'aumento di tale numero determina — come sappiamo — un aumento di direzionalità.

Nel tipo di antenna con irradiazione alle estremità, illustrato alla **figura 11**, si ha ancora la connessione tra gli elementi a mezzo di una linea di trasmissione; tuttavia, invece di applicare l'inversione dei terminali, essi

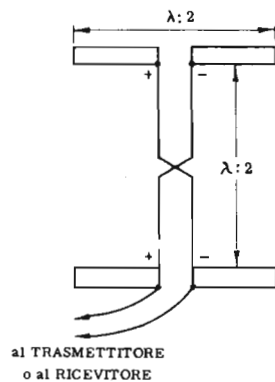



Fig. 10 - Connessione in opposizione di fase tra due elementi, attraverso una linea di trasmissione invertita.

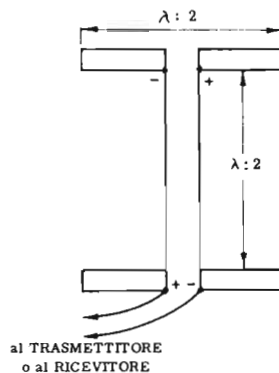



Fig. 11 - Connessione in fase tra gli elementi mediante un tratto di linea di trasmissione diretta.

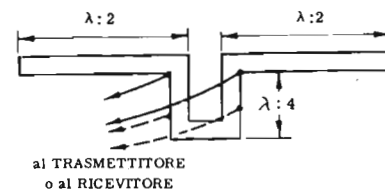



Fig. 12 - Adattamento delle relazioni di fase in un'antenna collineare. Gli elementi sono piegati in modo da formare essi stessi un tratto di linea di trasmissione in quarto d'onda. La linea esterna può essere connessa in vari punti, a seconda del valore di impedenza più opportuno.

sono connessi direttamente per trarre vantaggio dallo sfasamento.

Con una distanza di mezza lunghezza d'onda, la linea di collegamento avrà appunto tale lunghezza, e determinerà quindi uno sfasamento di 180°. Se si adotta invece una distanza di un quarto della lunghezza d'onda, la lunghezza della linea sarà pari anch'essa a λ : 4. In tal caso, lo sfasamento ammonta a 90°.

Il metodo più comune per ottenere lo sfasamento corretto in un'antenna del tipo ad irradiazione collineare è illustrato alla **figura 12**. Dal momento che la direzione della corrente si inverte dopo ogni semiperiodo del segnale a radio frequenza, non è possibile connettere tra loro direttamente le sezioni a mezza lunghezza d'onda. Viceversa, la sezione nella quale scorre la corrente in direzione errata viene ripiegata in modo da formare un tratto di linea di trasmissione di lunghezza pari a λ : 4. Ciò porta a coincidere quei terminali delle sezioni nei quali la corrente scorre nel medesimo senso. In altre parole, nei confronti della tensione, è necessario che le due sezioni dell'antenna portino tensioni di polarità opposta in corrispondenza delle estremità libere. Oltre a ciò si noti, osservando la figura 10, in quale modo la linea di allacciamento all'apparecchio è stata connessa. Il collegamento viene effettuato in un punto in cui l'impedenza è notevolmente elevata, il che implica l'impiego di una linea risonante. Tuttavia, se è necessario adottare una linea del tipo non risonante, essa può essere connessa così come indicato nella medesima figura dalle linee tratteggiate.

Antenna a riflettore parabolico

Quando un'antenna a cortina ad irradiazione trasversale, costituita da diversi elementi, viene eccitata, il campo « *E* » che si crea di fronte ad essa viene a trovarsi su di un unico piano, come illustrato alla **figura 13-A**, piuttosto che su di un arco, come accade nel caso di un singolo elemento a mezza lunghezza d'onda. Maggiori sono le dimensioni di questo piano, espresse in lunghezze d'onda, maggiore è la direzionalità dell'antenna, e più stretto è quindi il fascio d'onde emesso.

Sebbene un'antenna a cortina ad irradiazione trasversale dia buoni risultati, essa è però molto complessa nella sua struttura. Ogni elemento — come ci è noto — deve essere eccitato, e tutte le dimensioni dei diversi elementi, come pure la distanza tra questi, devono essere rigorosamente esatte.

Un dispositivo più semplice, atto a produrre un campo elettrico giacente su di un unico piano, è l'antenna a riflettore parabolico. Osservando la figura 13-**B**, si nota che lo schermo parabolico ha il suo punto focale in *F*. Se si pone in tal punto un'antenna ad un solo elemento, e si fa in modo che essa sia sede di un campo, il campo elettrico si estenderà in tutte le direzioni con la medesima intensità, sotto forma di un arco, come indicato in *A*. Nell'istante in cui ogni parte del fronte d'onda raggiunge la superficie riflettente, essa viene sfasata di 180°, ed inviata all'esterno con un angolo di riflessione eguale all'angolo di incidenza.

Qualsiasi parte del campo arriverà alla linea *B-B'* nel medesimo istante successivo alla riflessione, in quanto i percorsi possibili nelle direzioni aventi inizio in *F*, verso la superficie riflettente e, successivamente, verso la linea *B-B'*, sono di eguale lunghezza. E' dunque intuitivo che, mediante un semplice risuonatore ed un riflettore avente una sagoma particolare, è possibile produrre un forte campo elettrico giacente su di un unico piano. Osservando il fenomeno sotto un altro punto di vista, si può dire che tutte le parti del campo elettrico prodotto si muovono su direzioni parallele dopo aver subìto la riflessione data dalla parabola, in modo tale che i raggi risultano focalizzati esattamente come i raggi di luce emessi dai fari abbaglianti di un automezzo.

Come accade nell'antenna a cortina ad irradiazione trasversale, non è possibile ottenere un alto grado di direzionalità se il diametro del riflettore parabolico non equivale a diverse lunghezze d'onda. Questo inconveniente impedisce l'impiego di antenne di questo tipo per la trasmissione o la ricezione di segnali a frequenza relativamente bassa, ossia aventi una lunghezza d'onda notevole.

La **figura 14** illustra un tipo di elemento di eccitazione, adatto all'impiego in un riflettore parabolico: il dipolo a mezza onda è installato ad una distanza pari ad un quarto della lunghezza d'onda dal punto di contatto sulla linea di trasmissione. Per rendere acuto il punto focale, le dimensioni fisiche dell'antenna sono — in realtà — leggermente inferiori alla metà della lunghezza d'onda. Tuttavia, questa leggera diminuzione di lunghezza viene compensata dalla presenza delle due sfere, installate sulle estremità, che la portano al valore

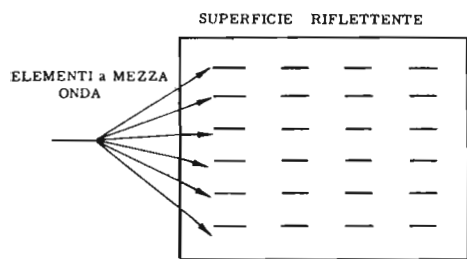



Fig. 13-A - Veduta frontale di un'antenna a diversi elementi irradianti, disposti anteriormente ad una superficie riflettente. Le dimensioni e le distanze sono molto critiche.

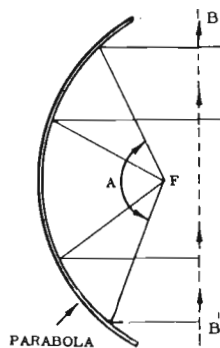



Fig. 13-B - Esempio di riflettore parabolico avente il fuoco in F. Lo elemento irradiante viene installato in tal punto, e le onde, dopo aver colpito la parabola, vengono da questa riflesse con un angolo eguale a quello di incidenza.

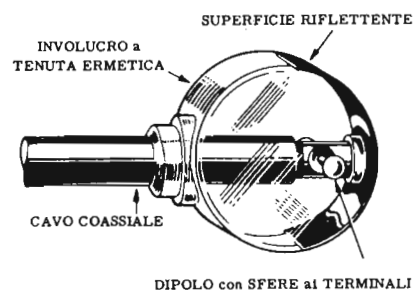



Fig. 14 - Elemento irradiante adatto alla installazione di un riflettore parabolico. Il dipolo, chiuso in un involucro a tenuta ermetica, porta alle estremità due sfere.

esatto. Grazie a questo accorgimento, la gamma di frequenze sulla quale essa può funzionare risulta più ampia.

L'involucro cilindrico a chiusura ermetica nel quale il dipolo è installato consente la pressurizzazione della linea coassiale. La superficie interna di una metà del cilindro (e precisamente di quella metà che si trova più discosta dal riflettore parabolico), è rivestita mediante una lamina riflettente che ha il compito di riflettere l'energia irradiata verso il riflettore parabolico. Senza di essa, metà dell'energia irradiata non sarebbe direzionale.

La direzionalità naturale del dipolo fa sì che il diagramma di irradiazione di un riflettore parabolico si presenti leggermente più acuto nel piano contenente il dipolo stesso che non negli altri piani. Ovviamente, se la precisione verticale ha la maggiore importanza, il dipolo viene installato verticalmente.

La **figura 15** illustra un tipo di riflettore di impiego abbastanza comune: la sua caratteristica principale consiste nel fatto che esso può irradiare un fascio di onde del tipo detto « a matita », ossia di onde concentrate in un raggio molto sottile, ed a forte intensità.

All'interno della parabola, si nota una grata sostenuta da speciali asticciole, sagomata in modo da formare un involucro parziale. Questa grata viene polarizzata affinchè agisca in modo tale da deformare il fascio d'onde irradiato, suddividendolo in parti contenenti una medesima quantità di energia. Il diagramma di irradiazione può essere variato facendo ruotare l'intero riflettore e la grata di 90°, mediante un apposito motore ed una trasmissione ad ingranaggi. Nella posizione in cui la grata non esercita un'azione riflettente, si ottiene un'irradiazione a fascio concentrato; viceversa, allorchè essa assume una posizione tale da diventare riflettente nei confronti dei segnali irradiati dall'elemento installato al centro, il diagramma di irradiazione assume una forma detta « a lama », in quanto consiste in un fascio d'onde piatto, divaricantesi nella direzione delle onde stesse.

Antenne diedre e a « farfalla »

Antenne ad angolo diedro — Nel campo delle U.H.F., dove le caratteristiche di direzionalità acquistano una importanza ancora maggiore che non nel campo delle V.H.F., viene anche frequentemente impiegato un tipo di antenna a forte direzionalità, del tipo detto « ad angolo diedro ».

Come si può notare osservando la **figura 16**, si tratta di un dipolo (che può essere del tipo ripiegato, come nel caso illustrato, oppure semplice, o ancora collineare) e di una serie di elementi riflettori, tutti della medesima lunghezza, e spaziati tra loro regolarmente di una certa frazione della lunghezza d'onda. Essi sono disposti su due piani, convergenti lungo uno spigolo, in modo da formare un angolo diedro.

Abbiamo visto l'importanza dell'elemento riflettore agli effetti del diagramma di irradiazione, ed è quindi intuitivo che, con una serie di tali elementi disposti nel modo indicato, la direzionalità che ne deriva è ancora maggiore che non nel caso del dipolo munito di un solo riflettore.

Le antenne ad angolo diedro forniscono anche un guadagno maggiore di quello consentito da antenne del medesimo tipo a riflettore rettilineo; tale guadagno può inoltre essere ulteriormente aumentato installando all'interno dell'angolo un dipolo a più stadi, connessi tra loro in uno dei modi indicati alle figure 10, 11 e 12.

Questo tipo di antenna è ovviamente legato, nelle caratteristiche di funzionamento sia in trasmissione che in ricezione, alle dimensioni dell'elemento irradiante, a quelle degli elementi riflettori, ed alla distanza che tra essi intercorre, nonchè al numero degli elementi irradianti ed all'ammontare espresso in gradi dello angolo diedro. Esistono poi ulteriori versioni, nelle quali l'angolo assume il valore di 180°, per cui — in pratica — gli elementi riflettori costituiscono una superficie piana, come nel caso illustrato alla figura 13-A. Date le notevoli dimensioni di ingombro dovute alla particolare disposizione dei diversi elementi, questo tipo di antenna viene impiegato quasi esclusivamente nel campo delle UHF, compreso tra 400 e 1.000 MHz.

Antenne a doppio triangolo — Un ultimo tipo di antenna di uso comune nelle UHF che riteniamo opportuno citare in quanto di impiego sempre più frequente nelle moderne installazioni, è l'antenna a doppio triangolo, detta anche a « farfalla », per l'analogia che sussiste tra la forma dell'elemento irradiante e le ali di una farfalla.

Un esempio di tale antenna è illustrato alla **figura 17**, nella quale si nota il dipolo, costituito da due elementi sagomati a triangolo, disposti come nel caso del-

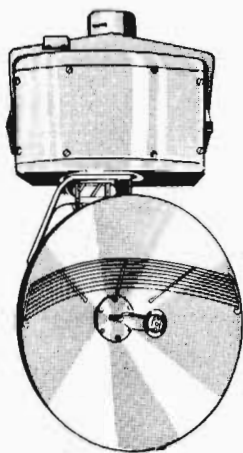



Fig. 15 - Aspetto di un riflettore parabolico orientabile, con emissione a raggio.

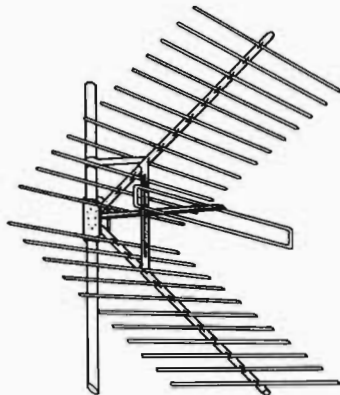



Fig. 16 - Esempio di antenna ad angolo diedro.

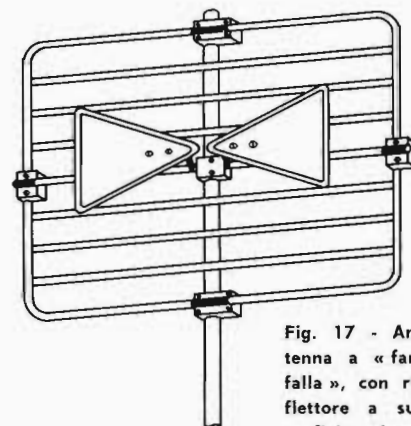



Fig. 17 - Antenna a « farfalla », con riflettore a superficie piana, ossia a 180°.

l'antenna collineare, ed una serie di elementi riflettori che costituiscono una superficie piana (180°).

Anche questo tipo consente un forte guadagno, ed ha una caratteristica di funzionamento fortemente direzionale. Ovviamente, valgono anche in questo caso le considerazioni fatte precedentemente nei confronti delle dimensioni, delle distanze, e del piano riflettente, che può essere anche del tipo ad angolo diedro.

Una delle caratteristiche principali di questi tipi di antenne consiste nella larghezza della banda di frequenze entro la quale il funzionamento può essere considerato lineare. Per questo motivo, sono di comune impiego sia in modulazione di frequenza che in televisione.

DATI COSTRUTTIVI per ANTENNE VHF ed UHF

Abbiamo visto precedentemente che gli elementi che costituiscono un'antenna sono spesso leggermente più corti della metà della lunghezza d'onda sulla quale devono funzionare. Nei confronti delle V.H.F. e delle U.H.F., per effettuare il calcolo della lunghezza di detti elementi, è conveniente servirsi del centimetro come unità di misura. La lunghezza ideale, per ottenere la risonanza da parte di un elemento a mezza lunghezza d'onda, può essere calcolata mediante la seguente formula:

$$\textit{lunghezza (in cm)} = \frac{14.998 \times K}{\textit{Frequenza in MHz}}$$

nella quale il fattore K dipende dallo spessore del conduttore costituente l'antenna stessa, e della frequenza alla quale esso deve funzionare. Il valore di tale fattore può essere ricavato dal grafico riportato a pagina 965, figura 6, riferito appunto ai conduttori di forma cilindrica, aventi un diametro costante per tutta la lunghezza. Sull'asse orizzontale del grafico sono riportati i diversi valori del rapporto tra la semilunghezza d'onda, ed il diametro del conduttore in millimetri. Una volta stabilita la lunghezza d'onda, ed il diametro del conduttore che si desidera adottare, si trova il valore del rapporto tra tali due numeri. Quindi, dopo aver trovato per interpolazione il punto corrispondente sull'asse orizzontale, si traccia da questo una verticale fino ad incontrare al curva. Dal punto di incontro, proseguendo verso sinistra orizzontalmente, si individua sull'asse verticale il valore K, di cui occorrerà tener conto nell'applicazione della formula citata.

La lunghezza dell'elemento connesso direttamente alla linea di trasmissione, sia che si tratti di un semplice dipolo, sia che si tratti dell'elemento attivo di un'antenna provvista di elementi parassiti, non è molto critica, in quanto una lieve differenza può, agli effetti della sintonia, essere compensata nella messa a punto del sistema di adattamento di impedenza usato tra l'elemento stesso e la linea di trasmissione. E' però sempre opportuno che le dimensioni fisiche siano il più posibile prossime a quelle ideali per le condizioni di risonanza alla frequenza media (centrale) della gamma di funzionamento.

Nei confronti degli elementi parassiti, la lunghezza ideale dipende, come abbiamo accennato, dalla distanza che tra essi intercorre. Anche tale distanza non è critica, e l'ampiezza della gamma di frequenze su cui l'antenna può funzionare è tanto maggiore quanto maggiore è il suo valore. Nelle antenne adottate nella gamma delle V.H.F., la distanza normalmente usata è pari a 0,2 volte la lunghezza d'onda. Con tale distanza, l'elemento riflettore dovrà essere all'incirca del 5% più lungo dell'elemento attivo, mentre il primo elemento direttore sarà invece del 5% più corto. Se vengono installati altri elementi direttori, essi dovranno essere progressivamente più corti, come illustrato alla figura 9-B.

Si rammenti che, come abbiamo specificato in altra occasione, il termine « lunghezza d'onda » o la definizione di una frazione di tale valore, può avere due diverse interpretazioni, a seconda che si consideri la lunghezza d'onda nello spazio, o quella riferita al passaggio dell'Alta Frequenza in un conduttore (sia esso l'antenna propriamente detta, o la linea di trasmissione). Allorchè un determinato valore (distanza tra elementi, lunghezza di un elemento, ecc.) è espresso in funzione di decimali della lunghezza d'onda, si intende normalmente la lunghezza d'onda considerata nello spazio. Allorchè invece il termine « lunghezza d'onda » è usato nei confronti diretti di un'antenna, si intende di solito la lunghezza dell'antenna corrispondente alla risonanza, e non la lunghezza d'onda: il valore relativo può essere allora ricavato dalla formula precedentemente citata.

DOMANDE sulle LEZIONI 142ª e 143ª

N. 1 —
Quali sono i fattori che intervengono agli effetti della propagazione delle radioonde di frequenza compresa tra 30 e 1.000 MHz ?

N. 2 —
Se un'antenna per V.H.F. o per U.H.F. viene polarizzata verticalmente, si ha irradiazione nelle direzioni orizzontali ?

N. 3 —
Come si comportano le onde terrestri che si propagano lungo la superficie terrestre, se la frequenza è molto elevata ?

N. 4 —
Quale è la differenza tra la linea di orizzonte ottico, e la linea dell'orizzonte radio ?

N. 5 —
In quale caso è possibile la ricezione di onde emesse da un'antenna direzionale, quando l'antenna ricevente è orientata nella medesima direzione di quella traemittente e non in direzione opposta come di norma ?

N. 6 —
Cosa si intende per propagazione « scatter » ?

N. 7 —
Come si definisce l'indice di rifrazione di un mezzo di propagazione delle radioonde ?

N. 8 —
Di quanti elementi consta un'antenna ad irradiazione trasversale, e come sono connessi tra loro ?

N. 9 —
Come è costituita un'antenna con irradiazione alle estremità ?

N. 10 —
Quale è la caratteristica che distingue un'antenna ad elementi parassiti ?

N. 11 —
Quale differenza passa tra un elemento direttore ed un elemento riflettore ?

N. 12 —
Quali sono le caratteristiche essenziali di un'antenna del tipo denominato « Yagi » ?

N. 13 —
In quale modo la variazione del diametro del conduttore costituente l'antenna vera e propria si ripercuote sul funzionamento ?

N. 14 —
Come deve essere il diametro esterno di un riflettore parabolico, affinchè il funzionamento presenti una caratteristica fortemente direzionale ?

N. 15 —
Quali sono i vantaggi offerti dall'impiego di un'antenna direzionale ?

N. 16 —
In quali casi è possibile effettuare comunicazioni a lunga distanza, anche oltre la linea di orizzonte radio, con segnali a frequenza compresa tra 30 e 1.000 MHz ?

RISPOSTE alle DOMANDE di p. 1121

N. 1 — Perchè non si può affermare con certezza che il guasto si è verificato in un determinato stadio, se non si è certi — a priori — che la parte seguente del circuito è perfettamente funzionante.

N. 2 — Misurando la corrente anodica, o — se più facile — la corrente catodica.

N. 3 — Verificando con l'aiuto di un « tester » predisposto per la misura di tensioni continue, che sulla griglia dello stadio successivo non sia presente una tensione positiva.

N. 4 — Se la capacità è abbastanza elevata, osservando lo scatto dell'indice; in caso contrario, si può controllare soltanto l'isolamento.

N. 5 — Ponendo all'interno qualche goccia di tetracloruro di carbonio, e facendo ruotare varie volte il perno nei due sensi. Se l'inconveniente non scompare, è necessaria la sostituizione.

N. 6 — Iniettando un segnale sinusoidale di Bassa Frequenza all'ingresso dello stadio invertitore di fase, ed osservando alternativamente i due segnali di uscita con un voltmetro a valvola, o, meglio ancora, con un oscillografo a raggi catodici.

N. 7 — Nell'applicare un segnale, toccando direttamente con un dito o tramite un cacciavite, la griglia di una valvola funzionante in Bassa Frequenza.

N. 8 — L'intera tensione anodica si manifesta ai capi del condensatore catodico, il quale va in cortocircuito per perforazione del dielettrico. In mancanza di tale condensatore, il funzionamento cessa per interruzione della corrente anodica.

N. 9 — Iniettando un segnale a Media Frequenza, modulato, all'ingresso del relativo trasformatore.

N. 10 — Il distacco o la variazione di una capacità, o lo spostamento di un nucleo, in seguito a urto o a vibrazioni.

N. 11 — Le griglie delle valvole precedenti tale resistenza restano « aperte », non avendo più continuità verso massa. In tal caso esse diventano molto negative, e le valvole si bloccano.

N. 12 — Viene a mancare la tensione di placca. Può bruciare la resistenza di disaccoppiamento.

N. 13 — Diminuendo l'ampiezza del segnale applicato al diodo relativo.

N. 14 — Invertendolo provvisoriamente con quello impiegato per la rivelazione, e valutando il segnale di uscita.

N. 15 — Misurando la tensione tra griglia e catodo, col « tester » predisposto su 50 volt fondo scala, c.a.

N. 16 — In due modi: aumentando la distanza tra il primario ed il secondario, o (preferibilmente), connettendo una resistenza in parallelo al primario.

N. 17 — Collegando provvisoriamente l'antenna sul lato « caldo » del secondario. Se l'apparecchio funziona, il guasto è certamente nel circuito di antenna.

NORME per la VENDITA, RIPARAZIONE e COSTRUZIONE degli APPARECCHI RADIOELETTRICI

Per commerciare, riparare, montare o costruire apparecchi e materiali radioelettrici, è necessaria una apposita licenza ministeriale. Tale licenza, nel caso di montaggi e costruzioni è richiesta, naturalmente, solo se le dette operazioni vengono eseguite quale attività a scopo di lucro, vale a dire se chi le esegue lo fa per terzi e ne viene retribuito. Se le costruzioni sono realizzate per proprio conto non occorre licenza.

Anzitutto chi deve munirsi di licenza, deve rivolgersi al Comune nel quale intende porre la sede della sua attività. Richiederà una « licenza di commercio » per apparecchi e materiale radio se intende commerciare: se, invece si intende seguire solamente le riparazioni, o solo la fabbricazione (limitandosi a vendere, in quest'ultimo caso, i prodotti fabbricati) non è necessaria una vera e propria licenza di commercio comunale, ma basta un «nulla-osta» ad esercitare l'attività. La Ditta, in questi due casi, rientra nell'artigianato (riparazioni o costruzioni con impiego di manodopera sino a 5 persone, compreso il titolare), o nell'industria (più di 5 persone).

Sia con la licenza comunale di commercio o con il « nulla-osta », si deve, dopo, rivolgersi alla Camera di Commercio (capoluogo di Provincia) ed iscrivere nell'apposito Registro anagrafico delle Ditte, la propria Ditta che verrà così ad avere un numero di identificazione.

Alla Camera di Commercio, dopo l'iscrizione, si richiederà un certificato (in carta da bollo) dal quale risulti l'iscrizione stessa per l'attività da svolgere (vendita, riparazione, costruzione ecc.). Nello stesso tempo, è necessario eseguire un versamento all'Ufficio del Registro: la somma varia a seconda dell'attività che si vuole svolgere e, più avanti, elenchiamo l'importo accanto ad ogni voce. Infine, occorre l'abbonamento annuo alla radioaudizione (RAI) per il locale di esercizio.

Riassumendo, ecco l'elenco di quanto occorre:

1) domanda in carta legale da L. 300, intestata al « Circolo Costruzioni Telegrafiche e Telefoniche » del luogo.
2) ricevuta attestante il pagamento della Tassa di Concessione governativa (vedi tabella « Tipi di licenza»), da effettuarsi al locale Ufficio Postale;
3) ricevuta attestante il pagamento del canone di abbonamento alle radiodiffusioni per l'anno in corso;
4) certificato rilasciato dalla Camera di Commercio, in carta legale da L. 300, ove risulti la denominazione sociale della Ditta;
5) nulla-osta ad esercitare l'attività, rilasciato dal Comune, in carta legale da L. 300;
6) una marca da bollo da L. 300.

Il tutto deve essere fatto pervenire all'Ufficio Tecnico Imposte di Fabbricazione (U.T.I.F.) del luogo.

Ed ecco il testo della legge:

ART. 1

omissis

ART. 2

Devono munirsi della licenza annuale di fabbricazione e montaggio, i fabbricanti di apparecchi radioelettrici e delle loro parti, sia per uso di radiocomunicazioni sia per altro impiego, nonchè coloro che eseguono il montaggio di parti staccate o di complessi di parti staccate anche se non costituiscono apparecchi radioelettrici completi, sia di produzione nazionale, sia importate.

La concessione della licenza di cui al presente articolo è subordinata alla osservanza delle norme della legge 12 gennaio 1933, n. 141, e del R.D. 15 maggio 1933, n. 590, nonchè al preventivo pagamento delle tasse di licenza stabilite dalla legge tributaria nelle concessioni governative (vedi oltre) da versarsi all'Ufficio del Registro.

Il Ministero delle Poste e delle Telecomunicazioni, che a norma dell'articolo 253 del Codice postale e delle telecomunicazioni rilascia la licenza, stabilisce quali apparecchi e materiali la ditta costruttrice è autorizzata a costruire, e ne fa menzione sulla licenza stessa.

La licenza di fabbricazione conferisce anche il diritto di riparazione dei materiali radioelettrici e di vendita al pubblico.

ART. 3

Coloro che intendono provvedere alla riparazione o o alla vendita degli apparecchi e materiali radioelettrici, di cui all'articolo precedente, o ad ambedue le attività, devono munirsi di unica licenza annuale di « riparazione e vendita di apparecchi e materiali radioelettrici», che a norma del citato art. 253 del Codice postale e delle telecomunicazioni viene rilasciata dal Ministero delle Poste e delle Telecomunicazioni, previo pagamento della tassa di concessione governativa.

ART. 4

Qualora le attività di cui ai precedenti articoli vengano esercitate anche in locali e negozi diversi da quello indicato nella relativa licenza di costruzione o di riparazione e vendita, l'obbligo della licenza ricorre per ciascuno dei locali o negozi stessi.

ART. 5

L'obbligo della licenza di « riparazione e vendita » ricorre anche per i rappresentanti di commercio, viaggiatori ed agenti di vendita in genere.

Sono esclusi da tale obbligo coloro che limitano la loro attività alla semplice mediazione fra le ditte munite delle licenze di cui agli articoli, e i probabili acquirenti degli apparecchi o materiali radioelettrici.

ART. 6

L'emissione delle licenze contemplate negli articoli 2 e 3, viene effettuata in seguito alla produzione della istanza in carta legale diretta al Ministero delle Poste e delle Telecomunicazioni, per tramite degli Uffici Tecnici Imposte di Fabbricazione competenti per territorio, corredata dalla ricevuta della tassa e del certificato di iscrizione alla competente Camera di Commercio.

Qualora trattisi di nuovi stabilimenti industriali o di ampliamento di stabilimenti già esistenti, destinati alla produzione di materiale radioelettrico, dovrà anche essere esibita l'autorizzazione rilasciata dal Ministero dell'industia e Commercio, ai sensi della legge 13 gennaio 1933, n. 141, e del regio decreto 15 maggio 1933, n. 590, nonchè la quietanza dell'eseguito pagamento della relativa tassa di concessione governativa. (*Modificato dall'art. 4 del D.L. 22-1-1947, n. 213*).

Alla domanda dovrà essere allegata anche la licenza comunale, che autorizza il commercio in articoli radio, per il locale in cui si esercita tale attività, e la ricevuta dell'abbonamento annuale alle radioaudizioni circolari.

Ove tale autorizzazione non venisse accordata da parte del Comune, sarà sufficiente il nulla-osta del Comune stesso all'esercizio della sola riparazione. In tal caso, spetterà al Comune la sorveglianza su tale limitazione.

In luogo della licenza comunale, i rappresentanti e viaggiatori e agenti di vendita produrranno una dichiarazione della ditta, da cui risulti il conferimento della rappresentanza o incarico di vendere apparecchi radioelettrici per suo conto.

ART. 7

Per le fabbriche, i laboratori ed i negozi di vendita che si aprono dopo il 1° luglio, le tasse per la concessione delle rispettive licenze relative al periodo intercedente dalla data della concessione al 31 dicembre dello stesso anno sono ridotte alla metà.

ART. 8

Coloro che intendono ottenere il rinnovo delle licenze di cui all'art. 2, devono farne istanza in carta legale al Ministero delle Poste e delle Telecomunicazioni, per tramite degli Uffici Tecnici Imposte di Fabbricazione, entro il 31 dicembre, corredandola delle bollette di pagamento sia della tassa per concessione governativa, sia dell'abbonamento alle radioaudizioni, e corredandola altresì della licenza scaduta.

Per i rinnovi annuali delle licenze di cui all'art. 3 occorre rivolgere la domanda, unitamente agli adempimenti di cui al comma precedente, all'Ufficio Tecnico Imposte di Fabbricazione, il quale vi provvede direttamente; ovvero, nel caso in cui gli spazi di rinnovo riportati a tergo della licenza fossero esauriti, rimette gli atti al Ministero delle Poste e delle Telecomunicazioni per la sostituzione dello stampato.

ART. 9

Il Ministero delle Poste e delle Telecomunicazioni trasmette le licenze emesse al Ministero delle Finanze, il quale ne cura il recapito agli interessati a mezzo degli Uffici Tecnici Imposte di Fabbricazione.

ART. 10

Le tasse pagate sia per l'emissione sia per il rinnovo delle licenze vengono, a cura del Ministero delle Finanze, ripartite in misura uguale fra detto Ministero ed il Ministero delle Poste e delle Telecomunicazioni.

ART. 11

I costruttori, i riparatori e commercianti di materiale radioelettrico che non intendono rinnovare la licenza di cui agli articoli precedenti, hanno l'obbligo di dichiararlo mediante lettera raccomandata con avviso di ricevimento non oltre il 31 dicembre al Ministero della Poste e delle Telecomunicazioni per le licenze di costruzione, o all'Ufficio Imposte di Fabbricazione per quelle di riparazione e vendita.

In mancanza di tale dichiarazione i titolari delle licenze sono obbligati al pagamento della tassa per l'intero anno e sono soggetti alla pena di cui al 2° comma dell'art. 269 del Codice Postale e delle Telecomunicazioni.

Gli Uffici Tecnici imposte di fabbricazione devono mensilmente rimettere al Ministero delle Poste e delle Telecomunicazioni un elenco delle cessazioni avvenute nel mese, corredandolo delle licenze cessate.

ART. 12

I rivenditori che intendono cedere temporaneamente in prova apparecchi radioricevitori a persone od enti non ancora muniti di licenza di abbonamento alle radioaudizioni, debbono richiedere all'ente concessionario del servizio delle radioaudizioni la licenza speciale per apparecchi in prova.

Per la disciplina di tale licenza valgono le norme contenute negli articoli 15 e 16 del R.D.L. 21-2-1938, n. 246, convertito nella legge 4 giugno 1938, n. 880.

ART. 13

Per il mancato pagamento della tassa di concessione governativa si applicano le sanzioni previste dall'art. 9 della legge tributaria sulle concessioni governative, approvata con R.D. 30 dicembre 1923, n. 3279, modificato dall'art. 1 del R.D. 26 marzo 1936, n. 1418, senza pregiudizio delle sanzioni penali previste dal Codice Postale e delle Telecomunicazioni.

ART. 14

Le amministrazioni civili dello Stato, che a norma dell'art. 246 del Codice Postale e delle Telecomunicazioni, hanno ottenuto dall'Amministrazione delle Poste e delle Telecomunicazioni, su parere favorevole del Comitato per le Telecomunicazioni, l'autorizzazione ad esercitare servizi di radiocomunicazioni, possono provvedere direttamente alla riparazione ed eventualmente alla costruzione degli apparecchi radioelettrici e loro parti, destinate esclusivamente ai propri servizi, senza obbligo di munirsi delle licenze di cui agli articoli precedenti.

Ricordiamo che la licenza è strettamente personale, e vale per il solo locale in essa indicato; scade il 31 dicembre di ogni anno, e, nel tipo più semplice (vedi tabella), comporta entrambe le due attività di riparazione e di vendita.

I costruttori possono comulare più tipi di licenze, pagando per ciascuna la relativa tassa annuale.

I possessori delle licenze tipi *a*), *b*), *c*), *d*), *e*), sono peraltro implicitamente autorizzati a costruire anche le parti staccate dei rispettivi apparecchi di cui alla lettera *h*).

La licenza di fabbricazione conferisce anche il diritto di riparazione dei materiali radioelettrici e di vendita al pubblico (art. 4 D.L.L. 2 aprile 1946, n. 39).

In mancanza di disdetta, i titolari delle licenze sono obbligati al pagamento della tassa per l'intero anno e delle penali di cui al 2° comma dell'art. 269 del Codice Postale e delle Telecomunicazioni approvato con R.D. 27-2-1936, n. 645, modificato dall'art. 2 della Legge 14 marzo 1952, n. 196.

La costruzione ed il commercio di materiali radioelettrici di qualsiasi specie, nonchè il montaggio o la riparazione di apparecchi radioelettrici o di parti di essi senza la prescritta licenza e quindi senza il pagamento della tassa di concessione governativa, comporta la pena pecuniaria dal minimo, pari al doppio della tassa dovuta, al massimo, pari al sestuplo della tassa stessa, senza pregiudizio delle sanzioni penali di cui al 2° comma dell'art. 269 del Codice Postale sopracitato e successive modificazioni.

TIPI DI LICENZA

	Tassa annua
Licenza di riparazione o vendita	L. 6.000
Licenza di fabbricazione e montaggio:	
a) Costruzione di apparecchi riceventi di radiodiffusione di qualsiasi tipo, centralini per radioaudizioni collettive (con divieto di costruzione di tubi eletronici	» 25.000
b) Costruzione di apparecchi riceventi di televisione (con divieto di costruzione di tubi elettronici e di tubi a raggi catodici)	» 35.000
c) Costruzione di apparecchi radio professionali, trasmettitori, modulatori, alimentatori, radiogoniometri, registratori e ondulatori, ricevitori antievanescenza, soppressori d'eco, inversori di frequenza e dispositivi di segreto; registratori acustici (con dievieto di costruzione di tubi elettronici)	» 45.000
d) Costruzione di radioapparecchi professionali, televisione, trasmettitori per televisione, modulatori, sincronizzatori e analizzatori, pannelli di controllo della trasmissione (con divieto di costruzione di di tubi elettronici e di tubi a raggi catodici)	» 45.000
e) Apparecchi di misura a radiofrequenza, strumenti e pannelli indicatori, campioni per misure, oscillatori per misure, generatori di segnali, campioni e misuratori vari, reti di attenuazione per misure, analizzatori d'onda, spettrografi, apparecchi per oscillografia ed oscilloscopi, condensatori variabili di misura, ondametri, indicatori di frequenza, piezo - oscillatori (con divieto di costruzione di tubi elettronici e di tubi a raggi catodici) . . .	» 45.000
f) Costruzione di tubi elettronici riceventi e di tubi raddrizzatori e trasmittenti di grande e piccola potenza	» 55.000
g) Costruzione di tubi a raggi catodici per qualsiasi uso	» 45.000
h) Costruzione di accessori e di parti staccate per radio, altoparlanti e cuffie, condensatori variabili, antenne speciali, rivelatori a cristallo e di altri tipi, esclusi quelli elettronici (con divieto di costruzione di apparecchi radio completi) . . .	» 18.000
i) Montaggio di parti staccate, costruite da altri per la formazione di apparecchi riceventi di radiodiffusione sonora . . .	» 12.000

Ottenuta la licenza è necessario adeguarsi alle norme che regolano lo svolgimento dell'attività e che fanno obbligo della tenuta di apposito registro per i Costruttori ed i montatori, nonchè del pagamento di particolari tasse sempre in riferimento alla sola costruzione ed al montaggio. *Ecco la legge relativa alle registrazioni*:

ART. 1

L'obbligo della tenuta del registro di carico di cui all'art 5 del R.D.L. 23 ottobre 1925, n. 1917, ed all'art. 17 del R.D.L. 21 febbraio 1938, n. 246, è abolito per i commercianti, riparatori, rappresentanti ed agenti di vendita.

ART. 2

I commercianti, riparatori, rappresentanti ed agenti di vendita in genere di apparecchi e di materiali radioelettrici devono tenere per ciascun magazzino, laboraratorio o locale di vendita al pubblico, un apposito registro a fogli mobili progressivamente numerati e corredati del timbro a secco dell'Ufficio Tecnico Imposte di Fabbricazione. Tale registro deve essere conforme al modello allegato alla presente legge.

Su di esso devono essere annotati, nella parte del carico, tutti gli apparecchi radioriceventi e le scatole di montaggio introdotti, con l'indicazione per ciascuno della data di entrata, degli estremi della fattura o altro documento equivalente, nonchè del nome o denominazione o ragione sociale ed indirizzo di chi ha ceduto l'apparecchio o la scatola di montaggio.

Nella parte dello scarico devono essere annotati tutgli apparecchi radioriceventi e scatole di montaggio uscite a qualsiasi titolo, nonchè nome, cognome, paternità e domicilio degli acquirenti dei materiali predetti.

Nel caso di apparecchi ritirati per riparazioni, gli apparecchi stessi devono essere registrati sul registro a fogli mobili con tutte le annotazioni relative alle caratteristiche ed al numero di matricola dell'apparecchio e con tutte le indicazioni atte ad identificarne il proprietario.

L'uscita ed il rientro di apparecchi radioriceventi ceduti in prova a persone o Enti non abbonati alle radioaudizioni deve esclusivamente risultare dall'emissione della speciale licenza prevista dagli articoli 15 e 16 del R.D.L. 21 febbraio 1938, n. 246.

I registri di cui al presente articolo sono forniti, previa vidimazione, dall'Ufficio Tecnico Imposte di Fabbricazione competente per territorio.

La denominazione « scatola di montaggio » si riferisce a quei complessi di parti staccate necessarie e sufficienti alla costruzione di apparecchi radioriceventi secondo un determinato circuito.

ART. 3

Le generalità degli acquirenti di apparecchi radio e di scatole di montaggio, come pure dei proprietari degli apparecchi ritirati per riparazioni, dovranno essere comprovate con l'esibizione di un documento di identità. I dati relativi devono essere annotati nell'apposita colonna del registro a fogli mobili.

In caso di acquisto di apparecchi radioriceventi o di scatole di montaggio per conto di terzi, il compratore, oltre alle proprie generalità, dovrà fornire gli analoghi dati della persona cui è destinato l'apparecchio o la scatola di montaggio.

Qualora il commerciante, riparatore, rappresentante o agente di vendita sia in grado di garantire l'identità dell'acquirente o del proprietario dell'apparecchio ritirato per riparazioni, analoga dichiarazione sull'apposito registro previsto dall'articolo precedente può sostituire l'annotazione dei dati di cui al presente articolo.

ART. 4

L'obbligo di cui all'art. 2 della presente legge non incombe a coloro che limitano la propria attività alla semplice segnalazione, alle ditte autorizzate per la costruzione e la riparazione o la vendita di apparecchi e materiali radioelettrici, dei probabili acquirenti di detti apparecchi e materiali. Ai segnalatori d'affari summenzionati è fatto divieto di tenere in deposito apparecchi e materiali radioelettrici.

ART. 5

Entro i primi dieci giorni di ogni mese, i fogli del registro di cui al precedente art. 2, sui quali saranno state annotate le operazioni di carico e scarico, verificatesi nel mese precedente, dovranno essere staccati dal registro e, muniti del timbro e sottoscritti dal titolare del registro, dovranno essere inviati all'ente concessionario, mediante lettera raccomandata con ricevuta di ritorno.

Se per un determinato mese non vi siano state registrazioni nè a carico nè a scarico, il titolare del registro dovrà inviare all'ente concessionario del servizio delle radiodiffusioni il foglio mobile recante il saldo di chiusura del mese e l'annotazione « negativo ».

Prima di effettuare il suddetto invio all'ente concessionario, il titolare del registro dovrà riportare i saldi di chiusura sul successivo foglio mobile del registro stesso, che resterà in suo possesso per le successive annotazioni.

La ricevuta della raccomandata farà fede dell'avvenuta spedizione dei fogli all'ente concessionario.

ART. 6

Per quanto non contemplato dalla presente legge, si applicano in materia di tenuta del registro di cui al precedente art. 2 le norme attualmente vigenti in materia di tenuta del registro di carico e scarico.

Entro il mese di gennaio di ogni anno i registri di cui all'art. 2 sono vidimati dall'Ufficio Tecnico Imposte di Fabbricazione.

ART. 7

Il registro di carico e scarico mod. 101 rimane in vigore per i costruttori e gli importatori di apparecchi e materiali radioelettrici.

Detto registro, rilasciato dall'Ufficio Tecnico Imposte di Fabbricazione, deve essere conservato giusta le norme di cui all'art. 52 del regolamento approvato con regio decreto 3-8-1928, n. 2295. Sul medesimo devono essere annotati, con le modalità di cui all'art. 51 dello stesso regolamento, nella parte del carico, gli apparecchi ed i materiali soggetti a tassa, entrati a qualsiasi titolo, e nella parte dello scarico gli apparecchi e materiali soggetti a tassa, uscita a qualsiasi titolo dalla fabbrica o magazzino o laboratorio o locale di vendita, nonchè il nome, cognome, paternità e domicilio degli acquirenti di apparecchi completi a valvole e a cristallo di scatole di montaggio, di valvole, di altoparlanti e di rivelatori a cristallo.

I possessori delle licenze di costruzione di apparecchi radioriceventi non autorizzati alla costruzione di valvole termojoniche non sono tenuti a registrare le valvole termojoniche da essi acquistate in commercio.

Il compratore ha l'obbligo di dichiarare al venditore il proprio cognome, nome, paternità e domicilio, comprovandone la esattezza con idonei documenti di riconoscimento. Il costruttore o importatore, nell'indicare il cognome, il nome, la paternità e domicilio dell'acquirente nella parte dello scarico del registro di cui sopra, dovrà riportare gli estremi del documento di riconoscimento esibitogli dal compratore.

Nel caso di apparecchi ritirati per riparazioni, gli apparecchi stessi devono essere registrati nelle colonne di carico con l'annotazione delle caratteristiche e del numero di matricola dell'apparecchio, nonchè con tutte le indicazioni atte ad identificare il proprietario.

In caso di acquisto di apparecchi radioriceventi per conto di terzi il compratore, oltre alle proprie generalità, deve fornire anche quelle della persona cui è destinato l'apparecchio radioricevitore.

Gli agenti dell'ente concessionario del servizio delle radiodiffusioni, muniti di regolare tessera di riconoscimento, hanno facoltà di prendere visione del registro di carico e scarico presso i costruttori e gli importatori di apparecchi e materiali radioelettrici, allo scopo di desumere le generalità degli acquirenti degli apparecchi e materiali anzidetti o delle persone alle quali i medesimi sono destinati.

Nel caso di cambio di apparecchi il fabbricante o importatore deve registrare nel registro di carico e scarico l'apparecchio ritirato che successivamente scaricherà, con le modalità d'uso, all'atto dell'uscita dalla fabbrica, laboratorio, magazzino o locale di vendita.

ART. 8

Il registro di carico e scarico degli apparecchi radioriceventi e del materiale radioelettrico soggetto a tassa, che, ai sensi del precedente art. 7 rimane in vigore per i costruttori e per gli importatori, ed il registro di cui all'art. 2 della presente legge, istituito per i riparatori ed i commercianti, rispondono esclusivamente ai fini del controllo dell'avvenuto pagamento della tassa di fabbricazione sugli apparecchi radioriceventi e sul materiale radioelettrico ed ai fini dell'acquisizione dei nominativi degli acquirenti di apparecchi radioriceventi.

E' vietato agli agenti incaricati degli accertamenti di fare uso dei dati accertati per qualsiasi altro fine che non sia quello che forma, come sopra, oggetto dell'accertamento stesso.

ART. 9

Le sanzioni previste dall'art. 21 del R.D.L. 23 ottobre 1925, n. 1917, per le infrazioni commesse dai fabbricanti, commercianti e riparatori di apparecchi radioriceventi e di altri di essi soggetti a tassa, e dall'art. 22 del R.D.L. 21 febbraio 1938, n. 246, maggiorate come per legge, che trovano applicazione anche in materia di tenuta del registro a fogli mobili.

Ogni omesso o ritardato invio all'ente concessionario dei fogli mobili del registro di cui all'art. 2, è punito con la pena pecuniaria preveduta dall'art. 21, comma ultimo del R.D.L. 23 ottobre 1925, n. 1917 e successive modificazioni.

In caso di recidiva, potrà farsi luogo al ritiro della licenza ministeriale per costruzione, riparazione o commercio.

ART. 10

Il registro di carico ed il registro di cui all'art. 2, nonchè i libretti delle licenze per apparecchi radioriceventi in prova non ancora esauriti devono essere esibiti ad ogni richiesta degli organi competenti all'accertamento delle violazioni alle disposizioni della presente legge a norma del successivo art. 11.

ART. 11

Sono competenti all'accertamento delle violazioni alle disposizioni della presente legge gli organi cui, a norma della legge 7 gennaio 1929, n. 4, compete l'accertamento delle violazioni alle leggi finanziarie, i funzionari dell'Amministrazione delle Finanze muniti di tessera di riconoscimento, nonchè i funzionari dell'ente concessionario del servizio delle radiodiffusioni circolari, appositamente autorizzati dall'Amministrazione finanziaria.

Per l'accertamento delle violazioni, per l'applicazione delle penalità stabilite dalla presente legge, e per la definizione delle relative controversie, si osservano le disposizioni della legge 7 gennaio 1929, n. 4.

E questa, la legge relativa alle particolari tasse:

ART. 1

Le tasse previste dall'articolo 10 del decreto legislativo luogotenenziale 1° dicembre 1945, n. 834, sono sostituite da un'unica tassa di radiodiffusione sugli apparecchi telericeventi e radioriceventi, comprese le scatole di montaggio e gli apparecchi comunque incompleti. Detta tassa è corrisposta nella misura e con le modalità stabilite dalla presente legge.

ART. 2

La tassa di cui all'articolo precedente è dovuta nella misura del 5 per cento con facoltà di rivalsa su chi acquista per la rivendita.

Per gli apparecchi di produzione nazionale, le scatole di montaggio e gli apparecchi comunque incompleti, la tassa è corrisposta dal fabbricante, all'atto della vendita sul prezzo dell'apparecchio indicato nella fattura, emessa agli effetti dell'imposta generale sulla entrata, al netto dell'importo degli imballaggi recipienti e simili e delle spese di trasporto, nonchè degli interessi e degli sconti che non concorrono a formare l'entrata imponibile ai fini della imposta suddetta.

Per gli apparecchi provenienti dall'estero, la tassa è corrisposta dall'importatore, all'atto dello sdoganamento, sul valore determinato ai sensi delle disposizioni preliminari alla vigente tariffa doganale, aumentato dell'importo dei dazi doganali e di ogni altro diritto, tassa o sopratassa dovuti per lo sdoganamento.

La tassa di radiodiffusione non concorre a costituire l'entrata imponibile agli effetti dell'imposta generale sull'entrata.

ART. 3

La tassa prevista dall'articolo 1 è dovuta anche per la vendita di apparecchi telericeventi costruiti con scatole di montaggio o apparecchi comunque incompleti, e deve essere corrisposta da colui che esegue il montaggio o il completamento o ne effettua la vendita, sulla differenza tra il prezzo dell'apparecchio completo e quello della scatola di montaggio o dell'apparecchio comunque incompleto sul quale la tassa è pagata. Nella stessa misura, la tassa è dovuta da chiunque, anche fuori dai negozi di vendita, provvede, o per conto proprio o di terzi, al montaggio degli apparecchi o al completamento di apparecchi comunque incompleti.

ART. 4

Il Ministero per le finanze può disporre, con proprio decreto, che gli apparecchi di cui al precedente articolo, provenienti dall'estero, siano muniti di uno speciale contrassegno indicativo dell'avvenuto pagamento della tassa di radiodiffusione, da applicarsi al momento dell'importazione. Con tale decreto saranno stabilite le caratteristiche del contrassegno e le modalità di applicazione.

ART. 5

Per gli apparecchi di produzione nazionale spediti e consegnati in sospeso o in conto deposito, la tassa di radiodiffusione è dovuta nel momento stesso in cui sorge l'obbligo del pagamento dell'imposta generale sull'entrata.

ART. 6

Il pagamento della tassa di radiodiffusione è effettuato:

a) per gli apparecchi di produzione nazionale mediante il servizio dei conti correnti postali, con le modalità e nei termini previsti per il pagamento dell'imposta generale sull'entrata. L'autorizzazione al versamento della imposta generale sull'entrata con postagiro cumulativo settimanale è valida anche per il pagamento della tassa di radio diffusione;

b) per gli apparecchi provenienti dall'estero mediante versamento diretto all'ufficio doganale.

ART. 7

Per il mancato pagamento della tassa di radiodiffusione è dovuta la pena pecuniaria da due a sei volte la somma non corrisposta.

Se la tassa è pagata oltre il termine stabilito, ma prima dell'accertamento della violazione, si applica la sopratassa del 10 per cento sulla somma corrisposta in ritardo.

Le violazioni sono accertate dagli organi competenti per le infrazioni alle norme relative all'imposta generale sull'entrata in base alle risultanze dei registri e documenti prescritti agli effetti dell'imposta stessa. Si applicano le disposizioni della legge 7 gennaio 1929, n. 4, e successive modificazioni ed aggiunte.

ART. 8

omissis

ART. 9

L'obbligo di registrazione previsto dal secondo comma dell'articolo 7 della legge 12 novembre 1949, n. 996, è limitato agli apparecchi telericeventi e radioriceventi ed alle scatole di montaggio e agli apparecchi comunque incompleti. Il registro di carico e scarico, modello 101, è modificato in conformità al deposito del presente articolo.